

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

7

ROČNÍK 25 (LII)
PRAHA
ČERVENEC 1979
CENA 10 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Řídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, CSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, doc. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Jiří Kulík, Jan Květoň, ing. Vladimír Píša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, CSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1979

■
Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělské techniky. Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120,—.

■
Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о разрешенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издает Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■
The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Czechoslovak Academy of Agriculture — Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Praha 2, Slezská 7.

■
Die wissenschaftliche Zeitschrift ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA veröffentlicht Studien, Analysen und wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Landtechnik. Herausgegeben von der Tschechoslowakischen landwirtschaftlichen Akademie — Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion 120 56 Praha 2, Slezská 7.

NORMATIVNÍ METODA VÝPOČTU POTŘEBY ZEMĚDĚLSKÉ STROJOVÉ TECHNIKY

D. Hrianka

HRIANKA, D. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Normativní metoda výpočtu potřeby zemědělské strojové techniky*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 385-392.

Ve VÚZT byly vypracovány dvě základní výpočetní metody, kterými lze stanovit zdůvodněnou (optimální) potřebu zemědělské strojové techniky. Je to metoda podrobného výpočtu a metoda normativní. Metoda podrobného výpočtu vyžaduje při praktické interpretaci mj. i samočinný počítač. Metoda normativní umožňuje pomocí vypracovaných normativů velmi rychle stanovit jednoduchým propočtem zdůvodněnou potřebu zemědělské techniky a některých dalších doplňujících ukazatelů (z oblasti ekonomiky) pro oblast rostlinné výroby a pro navazující úseky výroby vnitrostátní v čs. zemědělství. Obě metody spolu do jisté míry souvisejí a v některých případech metoda normativní doplňuje metodu podrobného výpočtu. Naproti tomu normativní metoda (resp. normativy) vznikla zobecněním optimalizačních výsledků výpočtů získaných metodou podrobného výpočtu.

normativy; normativní metoda; stanovení zdůvodněné (optimální) potřeby zemědělské strojové techniky; návod na práci s normativy

V současné etapě materiální a organizační přestavby našeho zemědělství se stává otázka stanovení zdůvodněné (optimální) potřeby zemědělské strojové techniky otázkou zásadní. Již sám nástup strojů tzv. druhé generace vyžaduje s ohledem na jejich značnou pořizovací cenu, ale také na požadavek jejich efektivního využívání, pečlivě vážit, resp. stanovovat zdůvodněnou potřebu těchto strojů ve vzájemných vazbách na ostatní stroje a zařízení v zemědělském podniku.

Do začátku sedmdesátých let se při stanovování zdůvodněné potřeby zemědělské strojové techniky vycházelo často pouze ze subjektivních názorů a odhadovaných trendů dalšího rozvoje.

Ve snaze zmírnit, popř. odstranit negativní důsledky subjektivního rozhodování při plánování zdůvodněné potřeby zemědělské strojové techniky v československém zemědělství, byly ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky v Praze-Řepích vyvinuty a provozně ověřeny dvě optimalizační metody:

- metoda tzv. podrobného výpočtu,
- metoda normativní.

Obě metody na sebe navazují a vzájemně se doplňují, i když každá z nich má vymezenou oblast praktického použití.

Charakteristickým znakem obou metod je, že umožňují na různé úrovni přesnosti vyčíslit zdůvodněnou potřebu zemědělské strojové techniky v rostlinné výrobě a v navazujících úsecích výroby vnitrostátní (tj. bez výroby živočišné).

Platnost výsledků metody podrobného výpočtu se omezuje na zemědělský podnik, pro který se touto metodou optimalizační výpočet dělal.

Metoda normativní má platnost daleko širší a lze ji použít i při plánovacích pracích na vyšších stupních řízení (okres, kraj, republika) zemědělství.

Mimo to se počítá, že normativy zdůvodněné potřeby strojové techniky, tvořící základ metody normativní, budou využívány i v budovaných automatizovaných informačních a řídicích systémech.

METODA

Vlastní řešení bylo rozděleno do tří kroků:

1. krok — získání podkladů
2. krok — výpočet zdůvodněné potřeby zemědělské strojové techniky a odvození normativů
3. krok — výpracování normativní metody

První krok

V prvním kroku řešení jsme vybrali soubor zemědělských podniků. Při výběru jsme vycházeli z požadavku, aby tyto podniky reprezentovaly svoji velikostí, výrobním zaměřením, úrovní řízení a ekonomickými výsledky zhruba předpokládanou úroveň většiny zemědělských podniků v období 7. pětiletého plánu, tj. v letech 1981 až 1985.

V souboru 182 zemědělských podniků bylo 138 podniků z ČSR a 44 podniky ze SSR. Z nich bylo 128 JZD, 36 státních statků, 14 kooperačních seskupení zemědělských podniků a čtyři podniky specializované

I. Členění výběrového souboru podniků podle velikosti půdního fondu a výrobních oblastí — Specification of a selected set of agricultural enterprises according to the area of agricultural land fund and production spheres

Velikost podniku v tis. ha zemědělské půdy	Výrobní oblast			
	kukuřičná	řepařská	bramborářská	horská
	počet podniků			
do 3,0	2	15	20	1
3,1–5,0	12	24	38	5
5,1–7,0	13	6	19	4
7,1–9,0	2	1	6	4
nad 9,1	1	1	7	1
ČSSR celkem	30	47	90	15

výroby (velkovýkrmny, agrochemické podniky a podniky spojené rostlinné výroby).

Celková výměra půdního fondu výběrového souboru tvořila 960 426 ha zemědělské půdy, tj. cca 13,7 % z celkové výměry zemědělské půdy v ČSSR.

Charakteristiku vybraného souboru doplňují ukazatele velikostního seskupení a počty vybraných podniků v jednotlivých výrobních oblastech (tab. I).

Lze říci, že vybraný soubor 182 zemědělských podniků odpovídal z hlediska použitých charakteristik a jejich hodnot předpokladům pro období 7. pětiletého plánu v této oblasti.

Druhý krok

V tomto kroku jsme pro vybraný soubor podniků vypočítali metodou podrobného výpočtu zdůvodněnou potřebu zemědělské strojové techniky pro oblast rostlinné výroby a rozbořem jsme získané výsledky o zdůvodněné potřebě zemědělské strojové techniky zobecnili do formy normativů, vyjadřujících jejich průměrné hodnoty. Tyto propočty jsme dělali rovněž pomocí výpočetní techniky.

Třetí krok

V závěrečném třetím kroku jsme odvodili zásady pro práci s normativy jako tzv. normativní metodu zdůvodněné potřeby zemědělské strojové techniky. Hlavní důraz byl přitom kladen na požadavek, aby normativní metoda umožňovala rychlé výpočty a byla relativně přesná; to znamená, že by měla ve svých ukazatelích zahrnovat co nejširší okruh podmínek a omezovat tak negativní vlivy intuitivního stanovování potřeby zemědělské strojové techniky.

VLASTNÍ PRÁCE

NORMATIVNÍ METODA STANOVENÍ ZDŮVODNĚNÉ POTŘEBY ZEMĚDĚLSKÉ STROJOVÉ TECHNIKY

Hlavním prvkem této výpočetní metody jsou normativní ukazatele — normativy, jež číselně vyjadřují vztah určitého faktoru k faktoru jinému. Může to být např. počet strojů určitého druhu, vztažený k určité výměře některé plodiny ap. Jako příklad lze uvést, že při znalosti výměr, pro kterou má být stanovena zdůvodněná potřeba strojů nebo zařízení, umožňují normativy rychlý výpočet výsledných hodnot podle vztahu:

$$n_{str} = \alpha \cdot U \quad (ks)$$

kde: n_{str} — výsledný počet strojů nebo zařízení v kusech

α — normativ

U — předpokládaný rozsah pro uplatnění stroje nebo zařízení (ha)

Praktickým ověřováním jsme zjistili, že před vlastním zahájením výpočetních prací pomocí normativů je třeba vždy zjistit hodnoty tzv. základních ukazatelů a porovnávat je s hodnotami vypočtené normativní potřeby příslušných ukazatelů. Podle výsledků porovnání se potom

II. Normativy základních ukazatelů — Standards of basic indices

Ukazatel	Jednotka	Normativ platný pro období 7. 5LP				
		ČSSR	výrobní oblast			
			kuku- řičná	řepař- ská	bram- borář- ská	hor- ská
Výměra půdy na jednoho stálého pracovníka v RV	ha. prac. ⁻¹ (z. p.)	29,7	21,7	25,2	34,8	39,9
Počet mobilních energetických prostředků na 100 stálých pracovníků v RV	ks. 100 prac. ⁻¹ (v RV)	74,2	58,0	77,2	80,2	80,9
Instalovaný výkon motorů všech mobilních energetických prostředků	kW ha ⁻¹ z. p.	1,9	2,1	2,3	1,8	1,4
Struktura parku traktorů a nákladních automobilů:	%					
traktory 150—200 kW		4,5	4,2	4,5	4,8	3,3
110—120 kW		6,9	6,3	7,0	7,4	5,1
60—75 kW		34,6	35,1	34,3	34,2	36,9
35—40 kW		36,4	36,6	38,2	35,9	37,7
do 25 kW		3,0	3,3	3,5	2,5	1,9
nákladní automobily		14,6	14,7	12,7	15,4	15,3
Hodnota základních prostředků na zemědělskou strojovou techniku	Kčs ha ⁻¹ z. p.	7726	8429	9591	7094	5900

musí rozhodnout, zda vypracované normativy mohou být použity bez úprav, nebo zda bude nutno přistoupit k určitým korekcím.

Mezi základní ukazatele patří:

- výměra (z. p., ev. o. p.) připadající na jednoho stálého pracovníka v rostlinné výrobě,
- údaj o počtech mobilních energetických prostředků (tj. traktorů, nákladních automobilů a ostatních samojízdných strojů) připadajících v kusech na 100 stálých pracovníků v rostlinné výrobě,
- údaj o instalovaném výkonu motorů všech mobilních energetických prostředků připadajících na hektar zemědělské půdy v kW,
- údaj o struktuře parku traktorů a nákladních automobilů podle výkonových tříd v procentech,
- údaj o hodnotě základních prostředků na zemědělskou strojovou techniku v Kčs ha⁻¹ z. p.

Ukazatel	Jednotka	Normativ platný pro období 7. 5LP				
		ČSSR	výrobní oblast			
			kuku- řičná	řepař- ská	bram- borář- ská	hor- ská
Počet sklízecích mlátiček	ks. 1000 ha ⁻¹ obilovin	6,3	6,9	6,4	6,0	6,6
Počet vysokotlakých lisů	ks. 1000 ha ⁻¹ obilovin	2,9	2,8	2,8	2,9	4,0
Počet samojízdných sklízecích řezaček	ks. 1000 ha ⁻¹ pícnin	2,0	3,4	2,7	1,7	1,2
Počet šestiřádkových vyorávačů bulev cukrovky samojízdných	ks. 1000 ha ⁻¹ cukrovky	7,1	7,4	6,9	—	—
Počet čtyřřádkových samo- jízdných sklízeců brambor	ks. 1000 ha ⁻¹ brambor	2,8	—	1,1	2,9	—
Počet traktorových přívěsů — nosnost do 7 t	ks. 1000 ha ⁻¹ z. p.	12,8	12,3	14,7	12,8	10,1
Počet lačkových dopravníků	ks. 1000 ha ⁻¹ z. p.	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3
Počet samojízdných vybíračů siláže	ks. 1000 ha ⁻¹ z. p.	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
Počet sběračů kamene (včetně drtičů)	ks. 1000 ha ⁻¹ o. p.	1,7	0,6	1,4	1,7	2,3
Počet rozmetadel průmyslových hnojiv (RCW-3 a 4)	ks. 1000 ha ⁻¹ z. p.	2,1	2,2	2,3	2,0	2,1

Z porovnání hodnot současného stavu s normativními údaji je možné odvodit dvě základní varianty řešení:

První varianta: výchozí výměra z. p., popř. o. p., připadající na jednoho stálého pracovníka v rostlinné výrobě spolu s výchozí hodnotou základních prostředků na zemědělskou strojovou techniku je nižší než příslušný normativní údaj. Závěr: normativní údaje o počtech strojů můžeme považovat za minimální.

Druhá varianta: výchozí výměra z. p., popř. o. p., připadající na jednoho stálého pracovníka v rostlinné výrobě spolu s výchozí hodnotou základních prostředků na zemědělskou strojovou techniku se k sobě hodnotově blíží. Závěr: normativní údaje o počtech strojů můžeme považovat za maximální.

Význam ostatních základních údajů spočívá především v tom, že podle výsledků porovnání jejich dnešních hodnot s normativy je možné rozhodnout, o jakou hodnotu by bylo účelné v první variantě normativní údaj zvýšit a ve druhé variantě popř. snížit.

Protože celkový počet vypracovaných normativů přesahuje tisíc údajů, uvádíme v tabulkovém uspořádání jen některé z nich, a to v tab. III vybrané normativy vyjadřující zdůvodněnou potřebu některých strojů a zařízení.

DISKUSE

Optimalizační metody pro stanovení zdůvodněné potřeby strojů a zařízení v oblasti rostlinné výroby a navazujících úsecích vnitrostátní výroby mohou podstatně přispět k objektivizaci plánovacího procesu v oblasti zemědělské strojové techniky.

Metoda podrobného výpočtu je velmi přesná, ale náročná na rozsah a kvalitu základních podkladů i na odborné znalosti zpracovatele vstupních dat pro zadání úlohy na samočinný počítač. Je vhodná pro plánování, resp. stanovení zdůvodněné potřeby strojů a zařízení pro jednotlivé podniky.

Metoda normativní by měla najít přednostní uplatnění v nadpodnikové sféře řízení a plánování potřeby zemědělské strojové techniky.

Proti metodě podrobného výpočtu má totiž několik předností:

- umožňuje velmi rychlý výpočet (po shromáždění výchozích údajů zhruba za dva pracovní dny),
- není příliš náročná na podklady
- nevyžaduje přílišné finanční náklady.

Tyto přednosti jsou samozřejmě zaplacený některými nedostatky. Za nejzávažnější lze označit:

— Metoda není spolehlivá pro zemědělský podnik s výrazně specializovanou rostlinnou výrobou (to vyplývá z okolnosti, že většina podniků, jejichž podklady sloužily pro výpočet zdůvodněné potřeby strojové techniky a následně i pro odvození normativů, byla univerzální).

— Normativy jsou vázány na určité typy strojů. Při jejich náhradě stroji novějšími a výkonnějšími přestávají být údaje správné. Z tohoto hlediska lze platnost vypočtených normativů omezit nejvýše na pět až šest let.

— Ve srovnání s metodou podrobného výpočtu nelze dosáhnout použitím normativní metody stejné přesnosti.

Vybrané normativy (výpočty byly provedeny na samočinném počítači MINSK-32) tvoří první část řešení. Počítá se, že budou v navazujících pracích podrobeny vědecké analýze, která by měla objasnit jejich vzájemné vztahy a současně určit i meze jejich spolehlivosti.

Vypočtené normativy zdůvodněné potřeby zemědělské strojové techniky platí pro období 7. pětiletého plánu a umožňují plánovat výhledovou potřebu zemědělské strojové techniky v oblasti rostlinné výroby a v navazujících úsecích výroby vnitrostátní na všech stupních plánovací a řídicí praxe v našem zemědělství.

Vypracované normativy tvoří rovněž jeden z podkladů pro připravovaný automatizovaný informační a řídicí systém v čs. zemědělství, kde by měly být použity v subsystému „Zemědělská strojová technika“, ale také v ostatních navazujících subsystémech této soustavy.

Literatura

- HRIANKA, D.: Stanovování normativů pro výpočet mechanizačních prostředků v zemědělských podnicích. [Kandidátská disertační práce.] Praha - Řepy 1969. 68 s. — Výzkumný ústav zemědělské techniky.
- HRIANKA, D.: Výhledové vybavení zemědělství ČSSR strojovou technikou — normativy potřeby strojové techniky v ČSSR na období 7. pětiletého plánu. [Průběžná zpráva Z-1463]. Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1968. 35 s.
- ŠPELINA, M.: Metodika pro výpočet strojů v kooperačním seskupení zemědělských podniků. [Dílčí zpráva Z-1004.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1973. 66 s.

Došlo dne 14. 2. 1979

ГРИАНКА, Д. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Нормативный метод расчета потребности в сельскохозяйственной машинной технике. Земед. Техн., 25, 1979 (7): 385-392.

Нами были разработаны два основных расчетных метода, при помощи которых можно определить обоснованную (оптимальную) потребность в сельскохозяйственной машинной технике, а именно, метод подробного расчета и нормативный метод. Метод подробного расчета помимо прочего для практического изложения требует электронно-вычислительной машины. Нормативный метод позволяет при помощи составленных нормативов очень быстро определить простым расчетом обоснованную потребность в сельскохозяйственной машинной технике, а также некоторых других дополнительных показателей (из области экономики) для растениеводства и для смежных отраслей внутрихозяйственного производства в чехословацком сельском хозяйстве. Оба метода до определенной степени взаимно связаны и в некоторых случаях нормативный метод дополняет метод подробного расчета. Наоборот, нормативный метод (или же нормативы) возник обобщением оптимизационных результатов расчетов, полученных методом подробного расчета.

нормативы; нормативный метод; определение обоснованной (оптимальной) потребности в сельскохозяйственной машинной технике; пособие для нормативов

HRIANKA, D. (Research Institute for Agricultural Engineering, Praha - Řepy): *Standard Method for Calculating the Need of Agricultural Machines*. Земед. Техн., 25, 1979 (7): 385-392.

Two methods have been elaborated which make it possible to calculate the justified (optimal) need of agricultural machinery, i. e. method of detailed calculation and the standard method. The method of detailed calculation calls for the use of an automatic computer for practical interpretation. With the use of the elaborated standards, the standard method makes it possible to determine by relatively simple computation the justified need of agricultural machinery and some other complementary indices (of economic character) in the field of crop production and the related sections of intra-enterprise production in Czechoslovak agriculture. Both methods are partially inter-connected and in some instances the standard method tends to complement

the method of detailed calculation. On the other hand, the standard method (i. e. its standards) is based on a generalization of optimal results obtained by the method of detailed calculation.

standards; standard method; determination of the justified (optimal) need of agricultural machinery; instructions for work with the standards

HRIANKA, D. (Forschungsinstitut der Landtechnik, Praha - Řepy): *Normatives Berechnungsverfahren für den Bedarf der landwirtschaftlichen Maschinentechnik*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 385-392.

Wir haben zwei grundlegende Berechnungsverfahren erstellt, mit denen der begründete (optimale) Bedarf an landwirtschaftlicher Maschinentechnik festgelegt werden kann. Es handelt sich um die Methode der eingehenden Berechnung und um die normative Methode. Die Methode der eingehenden Berechnung macht bei der praktischen Darstellung u. a. auch die Rechenanlage erforderlich. Die normative Methode gestattet, mittels der ausgearbeiteten Normative sehr schnell mit einfacher Berechnung den begründeten Bedarf an landwirtschaftlicher Maschinentechnik und an einigen weiteren ergänzenden Kennziffern (vom Gebiete der Betriebswirtschaft) für den Abschnitt der landwirtschaftlichen Produktion und für angliedernde Abschnitte der Innenwirtschaft in der tschechoslowakischen Landwirtschaft zu bestimmen. Beide Methoden hängen gewissermaßen zusammen und in einigen Fällen das normative Verfahren vervollständigt die Methode der eingehenden Berechnung. Demgegenüber die normative Methode bzw. Normative) ergab sich durch die Verallgemeinerung der Optimierungsergebnisse der mit der Methode der eingehenden Berechnung erzielten Berechnungen.

Normative; normative Methode; Festlegung des begründeten (optimalen) Bedarfes an landwirtschaftlicher Maschinentechnik; Anweisung für die Normativbehandlung

Adresa autora:

Ing. Dušan Hrianka, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha 6 - Řepy

A. Janeček

JANEČEK, A. (Výzkumný a vývojový ústav STS a OZS, Praha): *Aspekty optimalizace zemědělských technologických systémů*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7): 393—404.

V posledním období se ve světě prudce rozvíjí věda a technika a uplatňují se výsledky vědeckého bádání v nejrůznějších oblastech. Jedním z vědních oborů, jehož výsledky ovlivňují téměř všechny oblasti národního hospodářství a společenského života, je kybernetika. Tento obor, jako nositel kvalitativních změn řízení v technologických, výrobních i dalších procesech, představuje hlavní směr vědeckotechnického rozvoje. U nás, na rozdíl od vyspělých průmyslových států, nebyl dosud význam a dosah těchto přeměn plně pochopen a doceněn, a to zejména na úseku zemědělské techniky. Je proto nutné i zde vytvořit předpoklady pro postupné uplatňování aplikované kybernetiky k řízení zemědělských technologických či výrobních systémů. V práci je zaveden pojem optimalizace a je matematicky formulována úloha optimalizace v obecném tvaru. Diskuse se věnuje zemědělskému technologickému procesu jako objektu optimalizace při rozlišení dvou tříd úloh optimalizace: — optimalizaci při projekci; — optimalizaci existujícího procesu; jsou uvedeny kritériální funkce pro statickou, kvazistatickou a dynamickou optimalizaci. V závěru je uveden příklad možné optimalizace procesu při použití v práci uvedených formalismů.

systémové inženýrství; optimální řízení; zemědělské technologické systémy

Rychlý rozvoj zemědělské výroby klade vyšší požadavky zejména na proces řízení a zvláště pak na optimální plánování výrob. Při řízení velkých výrobních celků se jedná především o to, jak vyřešit a skloubit značné množství vzájemných vztahů a závislostí.

Při zvyšování a intenzifikaci zemědělských výrob je nutné také řešit rychleji technicko-ekonomické a energetické problémy. Proto se v hospodářsky vyspělých státech hledají nové metody, jimiž by bylo možné tyto problémy, vznikající při rychlém tempu výroby, zvládnout. Je možné je zhruba rozdělit do dvou skupin:

- rychlé zpracování údajů operativně technické evidence a kontinuální poskytování informací o všech stavech a pohybech výrobního procesu,
- poskytování informací o složitých vzájemných vztazích a vazbách v zemědělských technologických systémech s možností využívání těchto poznatků k cílovému řízení či optimalizaci výroby.

Problémy první skupiny se v současné době řeší používáním číslicových počítačů. Evidence je mechanizována do té míry, že vedení podniku může zjistit k libovolnému termínu stavy na jednotlivých úsecích výrobní činnosti.

Při řešení problému druhé skupiny, tj. zkoumání různých vztahů v různých sou-

stavách, se používá matematických metod (modelů). Tyto modely se aplikují především na ekonomické problémy kvantitativní povahy, již méně na technologické systémy. Modelem zemědělského technologického systému (dále jen ZTS) se pak rozumí teoretická konstrukce, která zjednodušeně vyjadřuje funkci buď celého ZTS, nebo jeho určité části. Model odráží skutečnost s větší nebo menší aproximací s ohledem na stupeň abstrakce. Kritéria, jimiž se hodnotí správnost modelového řešení, musí obsahovat vedle energetického hlediska rovněž aspekt ekonomický či společenský.

V oblasti společenských výrob je možné ZTS zkoumat jednak z hlediska energetického nebo látkových toků, jestliže se zabýváme výrobou, nebo z hlediska informační vazby, v případě že se jedná o řízení. U ZTS však existují informační vazby mezi elementy systému, jelikož technologická rozhodování probíhají s určitou účelností, a to ve vztahu k energetické a látkové transformaci. Při optimalizaci jakékoli činnosti, tedy i výrobního procesu, se jedná o to, dosáhnout určitého optima při minimální spotřebě energie a při maximu užitečných materiálových toků.

Aby efekt byl co nejvýhodnější, je nutno především správně formulovat problematiku, dále pak navrhnout matematický model a provést optimalizaci.

Předkládaná práce pojednává o některých matematických optimalizačních metodách ZTS jakožto účinném nástroji analýzy, syntézy a optimalizace zemědělských technologických struktur.

METODA

Na mechanizaci nebo automatizaci zemědělských výrob nelze pohlížet jako na jednorázový stav. Je to proces měnící se v čase a mající charakteristické etapy rozvoje. V závislosti na etapách rozvoje se mění vědeckotechnické úkoly a přehodnocují se metody technických výpočtů. V první etapě mechanizace, kdy jednoúčelové — vesměs originální — stroje mění ruční práci na mechanickou, jsou přednosti strojů natolik patrné, že i hrubé výpočty poskytují možnost správně hodnotit efektivnost mechanizace a dovolují uskutěčnit výběr mechanizačních prostředků. S intenzifikací zemědělství vzrůstá masové osazování zemědělských technologických systémů stroji.

Jestliže roční ekonomický efekt daný použitím jednoho stroje je roven A , potom použitím N strojů udává efekt NA . Naopak, jestliže vycházíme z některé hodnoty sumárního národohospodářského efektu $B = NA$, potom efekt jednoho stroje je $A = B/N$, to znamená, že je nepřímě úměrný množství použitých strojů. Čím je použití strojů daného modelu širší, tím jsou srovnatelně nižší jejich zlepšení a přednosti ve vztahu s druhými způsoby strojového osazení technologického procesu. V této etapě je proto nutné použít přesnějších výpočtů a hodnocení, takže je možné rozlišit i efekty obdobných strojových osazení procesů. Tomuto cíli odpovídající metody výzkumu a výpočtu musí objasňovat vnitřní mechanismy procesu, dané jejich podstatou.

Na tomto základě potom musí být založeny metody optimální projekce ZTS.

Technologický proces stroje a řízení můžeme charakterizovat z dvojího pohledu, a to:

1. Z pohledu kvantitativních nebo principiálních charakteristik struktury a funkce procesu strojů, zařízení, aparátů, atd., které určují fyzikální a biologické základy technického řešení, průběh procesu či operace, principy konstrukce strojů a aparátů, strojové vybavení technologického procesu. Tyto charakteristiky mají především kvalitativní charakter a odpovídají na otázku funkce výrobního nebo technologického procesu, popřípadě na otázku, jak proces strojově vybavit.

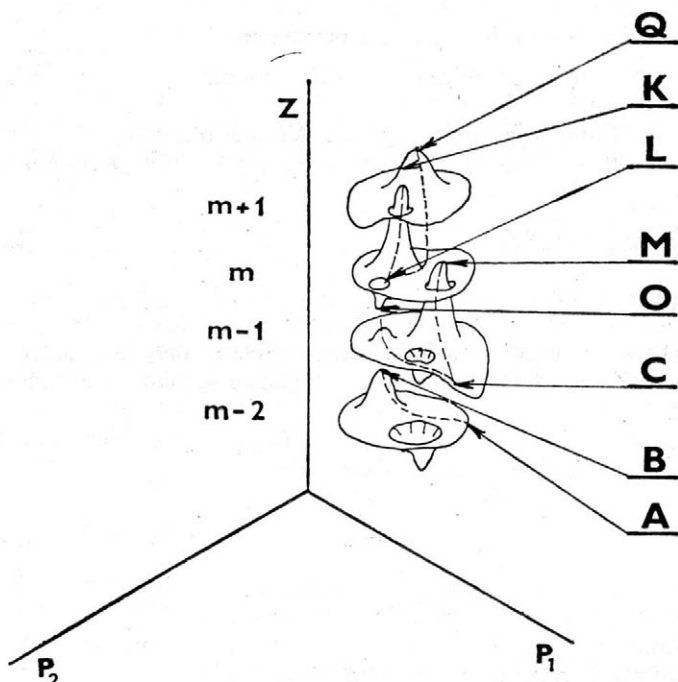
2. Z pohledu kvantitativních nebo číselných charakteristik parametrů procesu nebo strojového vybavení, které určují velikost parametrů charakterizujících proces, stroje,

aparáty atd. při různých už dříve určených principech strojů a funkcí technologických zařízení.

Ekonomické či energetické ukazatele procesu nebo stroje jsou závislé na jejich kvantitativních charakteristikách, na principu práce i na tom, jak jsou vybrány kvantitativní parametry.

Toto rozdělení je však relativní ve smyslu vzájemné vazby. V závislosti na kvantitativních charakteristikách, např. na velikosti materiálového nebo energetického toku, se mění kvalitativní charakteristika ZTS. Optimální kvantitativní charakteristiky se obvykle hledají cestou matematických modelů a jejich optimalizace. Při vyhledávání kvalitativních charakteristik společně s matematickými metodami hrají dále značnou roli výběr kritéria optimalizace a technické možnosti realizace optimálního systému. Vzhledem k analyzovanému konkrétnímu technologickému procesu můžeme cestu kvalitativních změn znázornit jako řadu skokových přechodů z jednoho kvalitativního stupně na druhý (obr. 1).

1. Schéma kvalitativních a kvantitativních vlastností vyvíjejícího se systému v závislosti na rozvoji techniky — Diagram of qualitative and quantitative properties of the developing system, in dependence on the progress of technology



Ukázané přechody je možné uskutečnit jak matematickou analýzou, tak i nahromaděním praktických zkušeností.

Na daném kvalitativním stupni je možné také zlepšit ekonomické nebo energetické ukazatele procesů či strojů, jestliže se určí jejich optimální kvantitativní charakteristiky. Na obr. 1 je na každém fixovaném stupni dána závislost dvou parametrů: p_1 , p_2 . Úloha výpočtu optimálních hodnot parametrů spočívá ve vyhledávání optimálního bodu, který na daném kvalitativním stupni (tj. při známých principech zadané technologie nebo stroje) zabezpečuje nejvýhodnější energetické či ekonomické ukazatele. Je nutné poznamenat, že efektivnost práce ZTS může být zvýšena jak cestou v jedné nadrovině $m-2$ (přechod z bodu A do bodu B), tak i cestou skoku na nový, kvalitativně vyšší stupeň $m-1$ (přechod z bodu A do bodu C).

Přitom přechod z bodu C na kvalitativně vyšší stupeň $m-1$ nemusí být zdaleka vý-

hodný a ukazatelé kvality progresivnějšího způsobu budou nižší než maximální ukazatel starého způsobu ($Z_B > Z_C$).

Při cestě po reliedu z bodu C k vrcholu M je $m-1$ stupeň kvalitativně lepší než $m-2$ stupeň atd.

V ukázaném prostém případě přechodu z jedné plochy na druhou se zabezpečuje cesta optimálním výpočtem dvou parametrů — p_1, p_2 . Ve složitějších úlohách je nutné optimalizovat mnohoparametrické problémy optimalizace. Tím se stává optimální projekce problémem, jehož nejvhodnější řešení je dáno časovým rozvojem. Úkol spočívá v tom, aby se při zadaném kvalitativním systému a dané charakteristice procesu našlo z hlediska použitého kritéria optimální řešení. Takto formulovaná úloha je optimalizací v užším smyslu a je založena na tom, aby na zadaném kvalitativním stupni, dosaženém současnou technologií, byla nalezena extrémní hodnota.

Úloha optimální projekce v užším smyslu může být plně řešena matematickými metodami. V úloze optimální projekce v širším smyslu je nutno analyzovat jak kvalitativní, tak kvantitativní změny technického vybavení ZTS.

Metodické principy řešení optimalizace:

1. Princip omezenosti — spočívá v tom, že je možné nalézt optimální řešení na hranici oblasti;

2. Princip optima — je založen na principu působení protikladných tendencí. Výsledkem tohoto působení má sledovaná závislost extrémní charakter.

VLASTNÍ PRÁCE

OPTIMALIZACE ZEMĚDĚLSKÉHO TECHNOLOGICKÉHO SYSTÉMU

Optimalizací v širokém smyslu slova se nazývá možnost obdržet nejlepší výsledky v daných podmínkách. Při takto chápané optimalizaci je možné ji uskutečňovat i intuitivně.

Matematicky formulovaná úloha optimalizace v obecném tvaru se nejčastěji zakládá na získání extrému některé funkce

$$Q = \Phi(\Psi_1 \dots \Psi_n, \eta_1 \dots \eta_m) \quad (1)$$

konečného počtu proměnných. Obvykle při této funkci je nutné maximum funkce Q určit při podmínce, že vektor proměnných $\Psi = (\Psi_1 \dots \Psi_n)$ náleží množině S_n n -rozměrného Euklidova prostoru a vektor $\eta = (\eta_1 \dots \eta_m)$ je fixován v daném konkrétním případě, ale může se měnit při změně situace.

V dalších úvahách budeme předpokládat, že úloze optimalizace je přiřazena adekvátní matematická formulace. Proměnná Q je nazývána kritériem optimalizace a je kvantitativní charakteristikou výsledků. Řídící nebo variované proměnné $\Psi_1 \dots \Psi_n$ charakterizují podmínky, na které můžeme působit, abychom obdrželi nejlepší výsledky. Proměnné $\eta_1 \dots \eta_m$ charakterizují podmínky, na které nemůžeme působit a které jsou určeny vnějšími — na nás nezávislými — faktory. Vazba proměnných s kritériem Q je vyjádřena funkční závislostí (1).

ZEMĚDĚLSKÝ TECHNOLOGICKÝ PROCES JAKO OBJEKT OPTIMALIZACE

Objektem optimalizace je zemědělský technologický proces (ZTP) či zemědělský technologický systém (ZTS). Schematicky je znázorněn na obr. 2.

Vstupními proměnnými $x = f(x_1 \dots x_m)$ procesu jsou parametry určující energie-

tické a materiálové toky přiváděné k systému, tj. toky materiálu, koncentrace, paliva, teploty, tlaku, krmiv, entalpie atd.

Výstupní proměnné $y = f(y_1 \dots y_n)$ jsou tytéž parametry, ale na výstupu systému. Obě proměnné charakterizují pracovní režim.

Vstupní proměnné procesu mohou být řízené nebo nikoliv. Kromě vstupních a výstupních proměnných je ZTP charakterizován technologickým schematem, což je souhrn strojů a zařízení s jejich vzájemnými vazbami. Zavedme dále parametry charakterizující technické zařízení dané veličinou $\beta = F(\beta_1 \dots \beta_p)$ — konstrukční proměnné — a proměnné procesu $Q = f(\theta_1 \dots \theta_s)$ stavu zařízení, charakterizující stav zařízení.

Je možné rozlišit dvě třídy úloh optimalizace:

1. optimalizaci při projekci,
2. optimalizaci existujícího procesu.

Úloha optimální projekce může být dále postavena jako úloha optimalizace daného technologického systému, či jako úloha jejího optimálního výběru. Podrobíme rozboru nejprve první úlohy. V závislosti na charakteru toku technologického procesu můžeme charakterizovat tři základní typy stavby optimální úlohy.

1. Statická optimalizace: ZTS je popsán rovnicemi statiky. Je nutno nalézt maximum kritéria $Q = \Phi(x, \beta, \theta)$. Tato formulace odpovídá stacionárním rovnovážným podmínkám režimu práce linky, agregátu nebo celého ZTS.

2. Kvazistatická optimalizace: Závislost y na x, β a θ je popsána rovnicemi statiky a θ na x a β je popsána rovnicemi dynamiky. Je třeba nalézt maximum nebo minimum kritéria

$$Q = F \left[\int_0^{T_c} \Phi(x, \beta, \theta) d\tau, T_c \right] \quad (2)$$

kde: T_c — část cyklu práce zařízení, který je roven sumě práce zařízení a času regulace

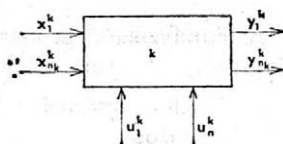
Veličina T_c vystupuje v této úloze jako ještě jedna optimalizovaná nebo řízená proměnná.

V kvazistatickém režimu se uskutečňuje více procesů zemědělské technologie, např. krmení skotu, drůbeže, pěstování rostlin atd. V nich se vlastnosti hospodářských zvířat, půdy, stroje (opotrebení) mění s časem; tato změna je však dostatečně pomalá, takže v každém jednotlivém časovém okamžiku proces prochází jakoby statickým režimem. Pro řešení úloh kvazistatické optimalizace je nutné znát závislost θ na x a β .

3. Dynamická optimalizace: Závislost y na x je popsána rovnicemi dynamiky, hledá se extrém kritéria (2). Úloha dynamické optimalizace má smysl pro dynamické procesy (sušení, práce mobilních souprav atd.).

V případě úlohy optimálního výběru technologického schematu je nutno nalézt extrém z hodnot $Q_1 \dots Q_n$, kde $Q_i (i = 1 \dots n)$ je extrémní velikost kritéria pro n -tou alternativu analyzovaných technologických schemat. Tato úloha je obecnější než úloha optimalizace daného technologického schematu a v jejím řešení je obsaženo řešení předchozí jako jedna z etap.

Řízenými konstrukčními proměnnými mohou být rozměry sušícího zařízení, vý-



2. Element ZTS — An element of the agricultural technological system

měníku, fyzikálně geometrické vlastnosti traktoru, rozměry stájí atd.; neřízené proměnné vystupují ve tvaru číselných parametrů, které mohou být během výpočtu konstantní.

V úloze optimalizace ZTS je nutné určit hlavní etapy, které pro úlohu optimální projekce jsou:

1. obecná analýza úlohy optimalizace,
2. určení kritéria optimalizace,
3. výběr řízených proměnných a analýza jejich vlivu na kritérium optimalizace,
4. analýza ohraničení a proměnných procesu,
5. matematický popis procesu,
6. výběr metody výpočtu procesu,
7. výběr metody optimalizace a uskutečnění optimálního výpočtu.

Uvedená posloupnost etap je samozřejmě relativní, je možná paralelní práce na několika etapách, návrat kvůli korekci atd.

FORMÁLNÍ URČENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH TECHNOLOGICKÝCH SYSTÉMŮ A STAVBA OPTIMÁLNÍ ÚLOHY

Chápeme-li ZTS jako množství jednotlivých bloků s vnitřními vazbami, musíme zavést rozdělení proměnných na fázové a řídicí, jak se to obvykle činí v teorii optimálních procesů. Pod fázovými proměnnými rozumíme proměnné určující vazby mezi bloky a možné vnější vazby systému. Pod řídicími proměnnými pak rozumíme pomocné proměnné, jejichž variací lze měnit závislost výstupních fázových proměnných na vstupních. Termíny vstupní a výstupní jsou používány dále ve vztahu k fázovým proměnným. Na obr. 2 je zobrazen blok systému, přičemž veličiny

$$x^{(k)} = (x_1^{(k)} \dots x_{mk}^{(k)}) \quad (3)$$

$$y^{(k)} = (y_1^{(k)} \dots y_{nk}^{(k)})$$

$$u^{(k)} = (u_1^{(k)} \dots u_{rk}^{(k)})$$

představují vektory vstupních a výstupních proměnných a řízení k -tého bloku.

Pro ZTS charakterizují fázové proměnné základní materiálové a energetické toky, které váží bloky a elementy systému navzájem.

Řízení mohou mít různou fyzikální interpretaci. Mohou to být řízené konstrukční proměnné, charakterizující pomocné řídicí materiálové a energetické toky, technologické proměnné atd. Je nutno připomenout, že dělení proměnných na fázové a řídicí je relativní a je dáno cílem. Vzhledem k typu matematického modelu můžeme elementy ZTS dělit na dva typy:

1. bloky se soustředěnými parametry, které se popisují algebraickým systémem rovnic (ve stacionárním stavu)

$$y_i^{(k)} = f_i^{(k)}(x_i^{(k)} \dots x_{mk}^{(k)}, u_1^{(k)} \dots u_{rk}^{(k)}) \quad (4)$$

$$i = 1 \dots m_k$$

2. bloky s rozloženými parametry, které se popisují systémem obyčejných diferenciálních rovnic (ve stacionárním stavu)

$$\frac{dZ_i^{(k)}}{dt} = F_i^{(k)}(Z_i^{(k)} \dots Z_{n_k}^{(k)}, u_1^{(k)} \dots u_{r_k}^{(k)} \dots w_1^{(k)} \dots w_{s_k}^{(k)})$$

$$0 \leq t \leq t^{(k)} \quad i = 1 \dots n_k$$

kde: $Z^{(k)}$ — vektor proměnných popisující proces v k -tém bloku

$u^{(k)}$ — vektor soustředěných řízení

$w^{(k)}$ — vektor rozložených řízení

t — proměnná charakterizující lineární rozměry

Rozložená řízení jsou obvykle po částech spojitá.

Okrajové podmínky jsou obvykle dvojí:

1. blok s prostými okrajovými podmínkami, které jsou charakterizovány okrajovými vztahy

$$Z_i(0) = y_i^{(k)}; Z_i(t^{(k)}) = y^{(k)} \quad (6)$$

2. blok se složitými okrajovými podmínkami — obecný případ okrajových podmínek je ve tvaru

$$g^{(k)}[Z^{(k)}(0), Z^{(k)}(t^{(k)}), x^{(k)}, y^{(k)}] = 0 \quad (7)$$

Rovnice (4) a (5) popisují elementy ZTS ve statickém režimu. Tyto bloky je možné popsat rovnicemi charakterizujícími kvazistatický režim

$$\frac{\partial Z_i^{(k)}}{\partial t} = F_i^{(k)}(g^{(k)}, \Theta^{(k)}, u^{(k)}, w^{(k)}) \quad (8)$$

$$0 \leq \bar{\tau} \leq \tau^{(k)} \quad 0 \leq t \leq t^{(k)}$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = G^{(k)}(g^{(k)}, \Theta^{(k)}, u^{(k)}, w^{(k)})$$

Matematický popis ZTS je určen matematickými modely jednotlivých bloků (4), (5), (8) s okrajovými podmínkami (6), (7) a rovnicemi vazeb bloků.

Vazby bloku určují topologickou strukturu ZTS. Topologická struktura ZTS je formální analogie technologického schématu. Rovnice vazeb mají tyto tvary:

$$x_i^{(k)} = y_{g(k,i)}^{(h_{ki})} \quad i = 1 \dots m_k \quad (9)$$

přičemž indexy k, i jsou dány počtem vnitřních proměnných systémů. Rovnice (9) pak znamená, že i -tá vstupní proměnná k -tého bloku je g_i -tou výstupní proměnnou h_i -tého bloku.

ZTS je možno potom zobrazit pomocí blokového schématu. Ohraničení na proměnnou systému mohou být ve formě rovnic nebo nerovností. Pro přehlednost zápisu můžeme výstupní, vstupní a řídicí proměnné uvažovat ve formě vektoru.

Kritérium optimalizace pro úlohy statické optimalizace v obecném případě je dáno závislostí

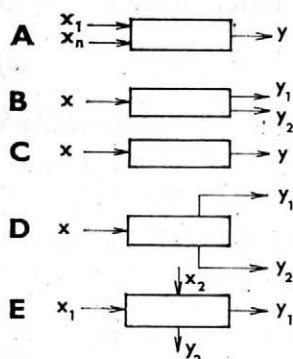
$$Q = \Phi(\bar{x}, \bar{y}, \bar{u}) \quad (10)$$

Pro úlohy kvazistatické optimalizace je možné užít kritéria v obecném tvaru

$$Q = \frac{\int_0^{T_c} \Phi [\bar{x}(t), \bar{y}(t), \bar{u}(t)] dt}{T_c} \quad (11)$$

kde: Φ — cílová funkce pro daný moment času, mající obvykle formu kritéria (10)

Optimalizace funkce (11) spočívá v tom, že střední hodnota cílové funkce během cyklu T_c musí být extrémní. Optimalizace ZTS spočívá v určení variovaných proměnných, charakterizujících extrém kritéria Q při splnění okrajových podmínek. Ve schématu ZTS lze určit technologické elementy ZTS, které jsou znázorněny na obr. 3.



3. Technologické elementy ZTS: A — slučující, B — rozdělující, C — transformující fyzikálně, chemicky, biologicky, D — fázově rozdělující, E — mezifázové výměny — Technological elements of the agricultural technological system: A — Constituting, B — Separating, C — Physical, chemical, biological transformation, D — Phase separation, E — Inter-phase exchanges

Slučující blok má jeden tok na výstupu a uskutečňuje slučování vstupních toků. Rozdělující blok má jeden tok na vstupu a uskutečňuje rozdělení toku hmoty nebo energie. Transformující blok má jeden tok na vstupu a na výstupu a uskutečňuje fyzikální, chemickou nebo biologickou transformaci látek. Fázově rozdělující blok má jeden tok na vstupu a dva na výstupu a uskutečňuje fázové rozdělení toků (materiálových); představitelem mohou být různé typy separátorů. Blok mezifázové výměny má dva toky na vstupu a dva na výstupu a uskutečňuje tepelnou či látkovou výměnu mezi toky. K tomuto typu patří především výměníky, výparníky atd.

PŘÍKLAD STATICKE OPTIMALIZACE PARAMETRŮ SOUPRAVY TRAKTOR-PLUH

Kriteriální funkce:

$$G = \left(p_H(v) + \frac{Gf}{S_H} \right) \cdot \frac{1}{\eta_m \eta_\delta}$$

kde: Q — funkce měrné práce vztažená na jednotku objemu opracované hmoty ($N \cdot m^{-3}$)
 $p_H(v)$ — měrný odpor pluhu v závislosti na rychlosti ($N \cdot m^{-2}$)
 S_H — průřez brázdy (m^2)
 G — tíha traktoru (N)
 f — koeficient valivého odporu ($-$)
 η_m — mechanická účinnost ($-$)
 η_δ — prokluzová účinnost ($-$)

Vstupní funkce:

$p_H(v) = f_1(v) \dots$ získána experimentálně

$\eta_\delta = f_2(\mu) \dots$ získána experimentálně

$\mu \dots \dots \dots$ součinitel využití adheze

Stavová proměnná:

$$\mu = \frac{p_H(v) S_H [1 + f \operatorname{tg} \Theta] + G f}{G [\lambda_o + \lambda_r f] + p_H(v) S_H [1 + \lambda_1 \operatorname{tg} \Theta + \lambda_h]}$$

kde: $\operatorname{tg} \Theta$ — úhel sklonu tahové síly (stupeň)

$$\lambda_o = \frac{b}{L} = \frac{G_b}{G}; \lambda_r = \frac{B}{L}; \lambda_1 = \frac{H}{L}; \lambda_h = \frac{H}{L}$$

kde: G_B — statická tíha na zadní nápravě (N)

b — vzdálenost těžiště traktoru od přední osy nápravy (m)

L — rozvor traktoru (m)

r_B — účinný poloměr zadních kol (m)

l_H — vzdálenost závěsného zařízení od osy zadní nápravy

h_H — výška závěsného zařízení (m)

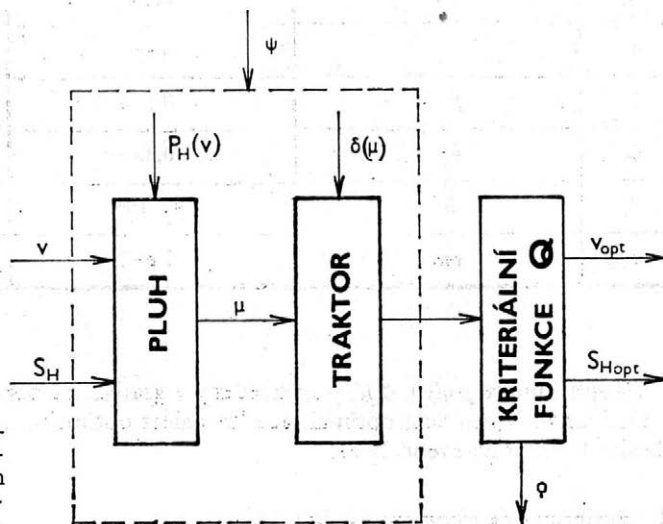
Minimalizační kritériální funkce Q dle proměnných S_H, v , tj. provedením:

$$\frac{\partial Q}{\partial v} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial S_H} = 0$$

dostáváme optimální parametry S_H, v , charakterizující minimum měrné práce vztažené na jednotku opracované hmoty.

Filozofie optimalizace soupravy traktor pluh (obr. 5):



4. Filozofie optimalizace soupravy traktor-pluh — Optimization philosophy of the tractor-plough set

- kde: Ψ — vektor fyzikálně geometrických vlastností traktoru a pluhu $\Psi \equiv \{\theta, \lambda_i, \lambda_o, G, f, \lambda_r, \dots\}$
 $v_{opt.}$ — optimální pracovní rychlost soupravy traktor-pluh (km h^{-1})
 $S_{Hopt.}$ — optimální záběr pluhu (m^2)
 F_H — tahová síla (N)
 P — příkon motoru (kW)
 Q — vektor vnitřních proměnných $Q = \{F_H, P\}$

Praktická optimalizace byla provedena na ČP metodou sítí.

Optimální hodnoty uvádí tab. I.

Vstupní hodnoty vektoru Ψ udává tab. II.

I. Optimální hodnoty soupravy traktor-pluh — Optimal values of the tractor-plough set

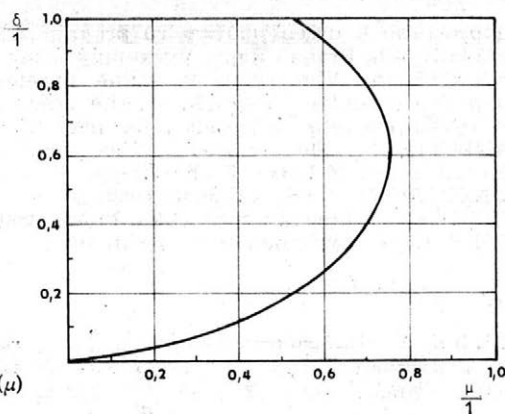
Symbol	Q	V	S_H	F_H	P
Hodnota	$1,13 \cdot 10^5$	12,6	0,599	38,9	239
Jednotka	N m^{-2}	km h^{-1}	m^{-2}	N	kW

II. Vstupní hodnoty vektoru ψ — Input values of vector ψ

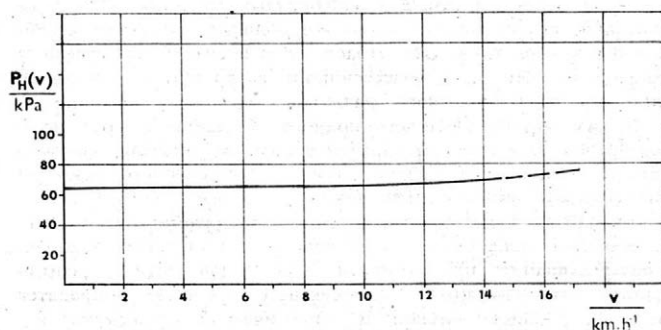
Pořadové číslo	Symbol	Hodnota	Jednotka
1	$\text{tg } \theta$	0,3	stupeň
2	λb	0,750	(—)
3	λh	0,10	(—)
4	λl	0,400	(—)
5	f	0,112	(—)
6	λr	0,320	(—)
7	G	$92 \cdot 10^3$	(N)
8	ηm	0,89	(—)

Vstupní funkce $p_H(v)$, $\delta(u)$ jsou uvedeny v grafech na obr. 5, 6.

Obdobným způsobem optimalizace lze nalézt optimální parametry libovolných zemědělských souprav, event. linek.



5. Funkce $\delta = f(\mu)$ — Function $\delta = f(\mu)$



6. Graf závislosti funkce měrného odporu pluhu na rychlosti $P_H = f(v)$ — Speed dependence of the plough specific resistance function $P_H = f(v)$

ZÁVĚR

Tendence na celém světě nasvědčuje tomu, že těžiště uplatnění optimalizace a automatizace řízení se přesouvá k jejím hierarchicky vyšším formám.

Formy automatizace zemědělských technologických systémů či subsystémů, navazující na proces mechanizace, se stávají součástí výrobních zařízení i na úseku některých zemědělských výrob. V technologických procesech je charakteristickým znakem přechod ke kontinuálnímu pochodu se snahou o automatické řízení.

Zavádění automatického řízení ve vyšších formách, opírajícího se o uplatnění kybernetických principů řízení, moderních matematických metod a využívání samočinných počítačů, je náročný vědeckotechnický úkol, představující mimo jiné uplatňování požadavku komplexního přístupu k řešení při respektování specifických rysů jednotlivých aspektů a dílčích otázek, tj. uplatňování systémového přístupu. Pod tímto zorným úhlem rozvoj systemotechniky zemědělských technologických i výrobních systémů představuje vlastní souhrn prostředků a metod široké, rychlé a efektivní aplikace kybernetiky a stává se vysoce aktuální tematikou i na úseku zemědělské techniky.

Literatura

- ANDERT, A.: Teoretické podklady pro určení optimální konstrukční výkonnosti mobilních a stacionárních agregátů a energetika agregátů pro sklizeň obilovin. [Závěrečná zpráva Z-892.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1971.
- BELLMAN, R.: Dynamic Programing and Modern Control Theory. New York 1965.
- BUSLENKO, N. P.: Lekcii pro teorii složnych sistem. Moskva 1973.
- JANEČEK, A.: Metoda matematického rozboru vztahů mezi proměnným měrným odporem a spotřebou práce na objemovou jednotku opracované hmoty. [Závěrečná zpráva Z-896.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1971.
- JANEČEK, A.: Matematické modelování činnosti mobilního energetického prostřed-

ku pro orbu k určení parametrů při minimální měrné spotřebě energie. [Závěrečná zpráva Z-993.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1973.
JANEČEK, A.: Vliv změny fyzikálně mechanických konstant půdy a agregátu traktor-pluh na velikost optimální měrné práce. [Závěrečná zpráva Z-1177.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1975.
JANEČEK, A.: Metody optimalizace zemědělských technologických systémů. [Závěrečná práce Z-1295.] Praha - Řepy, Výzkumný ústav zemědělské techniky 1976.
PONTRJAGIN, L. S.: Matematičeskaja teorija optimalnych procesov. Moskva 1961.
TSIEN, A.: Technická kybernetika. Praha 1960.
WÜNSCH, G.: Systemanalyse. Berlin 1971.

Došlo dne 17. 10. 1979

ЯНЕЧЕК, А. (Научно-исследовательский и проектный институт МТС и ремонтная мастерская сельхозмашин, Прага): Аспекты оптимизации сельскохозяйственных технологических систем. Земѣд. Техн., 25, 1979 (7) : 393-404.

В последнее время все сильнее развивается в мире наука и техника и все чаще находят применение результаты научного исследования в самых разнообразных областях. Одной из научных отраслей, результаты которой обуславливают почти все области народного хозяйства и общественной жизни, является кибернетика. Эта отрасль, как носитель качественных преобразований управления технологическими производственными и другими процессами, представляет главное направление научно-технического развития. У нас, в отличие от развитых промышленных стран, до сих пор не уделялось полного внимания и недооценивалось значение и объем этих преобразований, главным образом в области сельскохозяйственной техники. Поэтому необходимо и здесь создать предпосылки для постепенного применения кибернетики для управления сельскохозяйственными, технологическими или производственными системами. В статье приводится понятие оптимизация и математически сформулирована роль оптимизации в общем виде. Обсуждается сельскохозяйственный технологический процесс как объект оптимизации при отличии двух задач оптимизации: оптимизация при проектировании, оптимизация существующего процесса; приводятся функции критериев для статической, квазистатической и динамической оптимизации. В заключение приводится пример возможной оптимизации процесса при использовании в статье приведенных формализмов.

системное инженерное дело; оптимальное управление; агротехнологические системы

JANEČEK, A. (Research and Development Institute of the State Tractor Stations and Agricultural Machines Repair Shops, Praha): *Aspects of Optimal Agricultural Technological Systems*. Zemѣd. Techn., 25, 1979 (7) : 393-404.

Throughout the world, the last years brought about a rapid development of science and technology as well as the application of research results in different branches of the economy. Cybernetics is one of the scientific branches whose results are influencing virtually all spheres of the national economy. This branch, which is the carrier of qualitative changes of management and control in technological, production and other processes, represents the main direction of the scientific and technical development. At variance with other industrially advanced countries the significance and extent of these changes have not been fully grasped and appreciated in Czechoslovakia, especially in the field of agricultural machinery. It is thus necessary to create conditions for the utilization of applied cybernetics also in the sphere of managing and controlling agricultural technological or production systems. In the present paper the term "optimization" is explained and the task of optimization is formulated mathematically in its general shape. The discussion is devoted to the agricultural technological process as an object of optimization while discerning two classes of optimization: — optimization of the project, — optimization of the given process. The criterional functions for static, quasistatic and dynamic optimization are given. In conclusion, an example of possible optimization of a technological process is presented with the use of formalisms stated in the paper.

systems in agricultural engineering; optimal control; agricultural technological systems

Adresa autora:

Ing. Adolf Janeček, CSc., Výzkumný a vývojový ústav STS a OZS, Černokostelecká 25, 100 32 Praha 10 - Malešice

J. Oubrecht

OUBRECHT, J. (Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchbátov): *Optimalizace tahového výkonu u traktorů*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 405-416.

Traktory v čs. zemědělství vykonávají operace, které představují měrný odpor souprav od 1 do 30 kN m⁻¹, a to při měrném odporu půdy od 30 do 100 kN m⁻². S přechodem na vyšší pracovní rychlosti se měrný odpor traktorových souprav zvyšuje, zvláště pak při rychlostech vyšších než 2 m s⁻¹. Traktor má pracovat v rozmezí těch rychlostí, při kterých dosahuje maximální účinnosti. V posledních letech se přesouvá maximální tahová účinnost do oblastí vyšších pracovních rychlostí a do oblastí vyšších tahových sil. Je to dáno vyšším instalovaným výkonem v traktorových motorech a novou konstrukcí pojezdové části traktoru. Uvádí se grafické řešení optima tahového výkonu a tahové síly při známé optimální pracovní rychlosti soupravy.

traktor; traktorová souprava; tahový výkon; tahová síla; rychlost; měrný odpor soupravy

Zemědělská polní výroba v ČSSR se neustále značně mění. V poslední době se změny týkaly hlavně velikosti zemědělských podniků. Velké zemědělské podniky pěstují polní plodiny v blocích. Jednotlivé hony se zvětšují, upravují se do nejvhodnějších obdélníkových tvarů (pokud to terén a využití půdy dovoluje) a nerovnosti uvnitř honů se vyrovnávají. Uvedené skutečnosti dovolují zvýšit pracovní rychlost traktorových souprav a samojízdných strojů i při zvětšených pracovních záběrech pracovního stroje. Zemědělské podniky si tak vytvářejí vhodné pracovní podmínky pro použití vysoce výkonných strojních souprav, které umožňují zemědělskému podniku nahradit úbytek pracovních sil. Zvyšování pracovních rychlostí traktorových souprav vyžaduje obdobné zvýšení tahového výkonu traktoru. Jestliže ke zvýšené pracovní rychlosti přistupuje ještě zvětšený pracovní záběr stroje, potom spolu s nižším využitím tahového výkonu (u traktorů nejvyšších výkonových tříd) musí tahový výkon energetického stroje doznat zvýšení až o 300 %. Tato skutečnost je zřejmá z prodeje traktorů do čs. zemědělství v posledních patnácti letech.

Potřebný tahový výkon traktorového motoru vypočítáme na základě odporu soupravy $R_s = F_h$ a optimální pracovní rychlosti. Optimální pracovní rychlosti známe pro jednotlivé operace i pro jednotlivé typy traktorů.

Můžeme napsat:

$$P_h = F_h \cdot v_p \quad \text{kW} \quad (1)$$

Rovnici (1) je třeba upravit, máme-li určit širší závislost tahového výkonu na provozních podmínkách. Výkon traktorového motoru bude tedy záviset také na žádané roční výkonnosti a na časovém využití kalendářního fondu dní.

Potom vypočítáme tahový výkon motoru takto:

$$P_h = \frac{A \cdot \kappa}{0,252 \cdot T_r \cdot \eta_v} \quad \text{kW} \quad (2)$$

kde: P_h – tahový výkon kW

v_p – pracovní rychlost m s⁻¹

A – výměra zpracovaná za rok ha rok⁻¹

κ – měrný odpor soupravy kN m⁻¹

T_r – časové využití traktoru za rok h rok⁻¹

η_v – součinitel využití tahového výkonu

$0,252 = 0,36 \cdot 0,7 = 0,36 \tau$

τ – komplexní součinitel využití času (za rok) – byl přijat roven 0,7

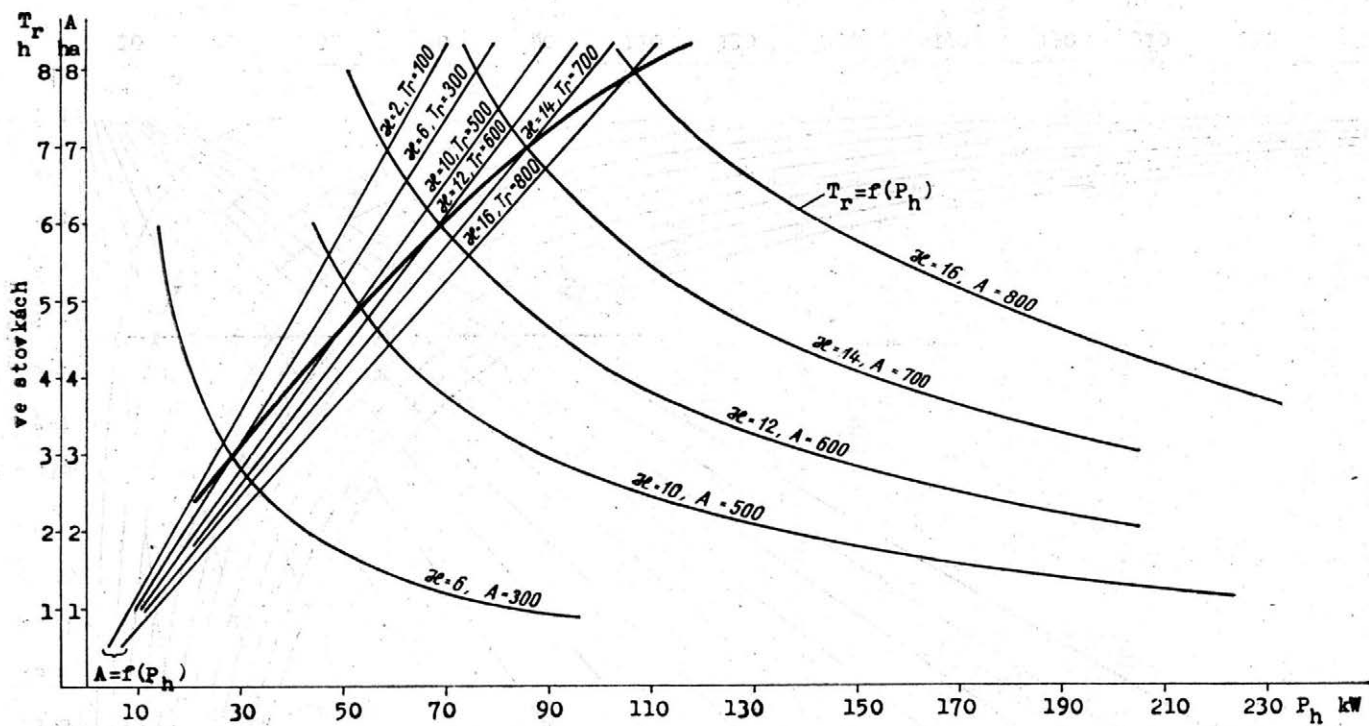
Rovnice (2) platí pro případ, kdy je součinitel využití času $\tau = 0,7$. Součinitel využití času je pro určitý zemědělský podnik a pro určitý typ traktoru veličinou konstantní. Určuje se z delší časové řady (5 až 10 let) aritmetickým průměrem. Rovnice (2) také ukazuje, že zkracováním agrotechnických lhůt se zvyšuje tahový výkon energetického zdroje. Totéž platí o součiniteli využití tahového výkonu. Přímá závislost je mezi výkonem, obdělávanou výměrou (je-li tato určena k obdělání v určeném časovém intervalu) a měrným odporem soupravy.

Řešíme tuto závislost:

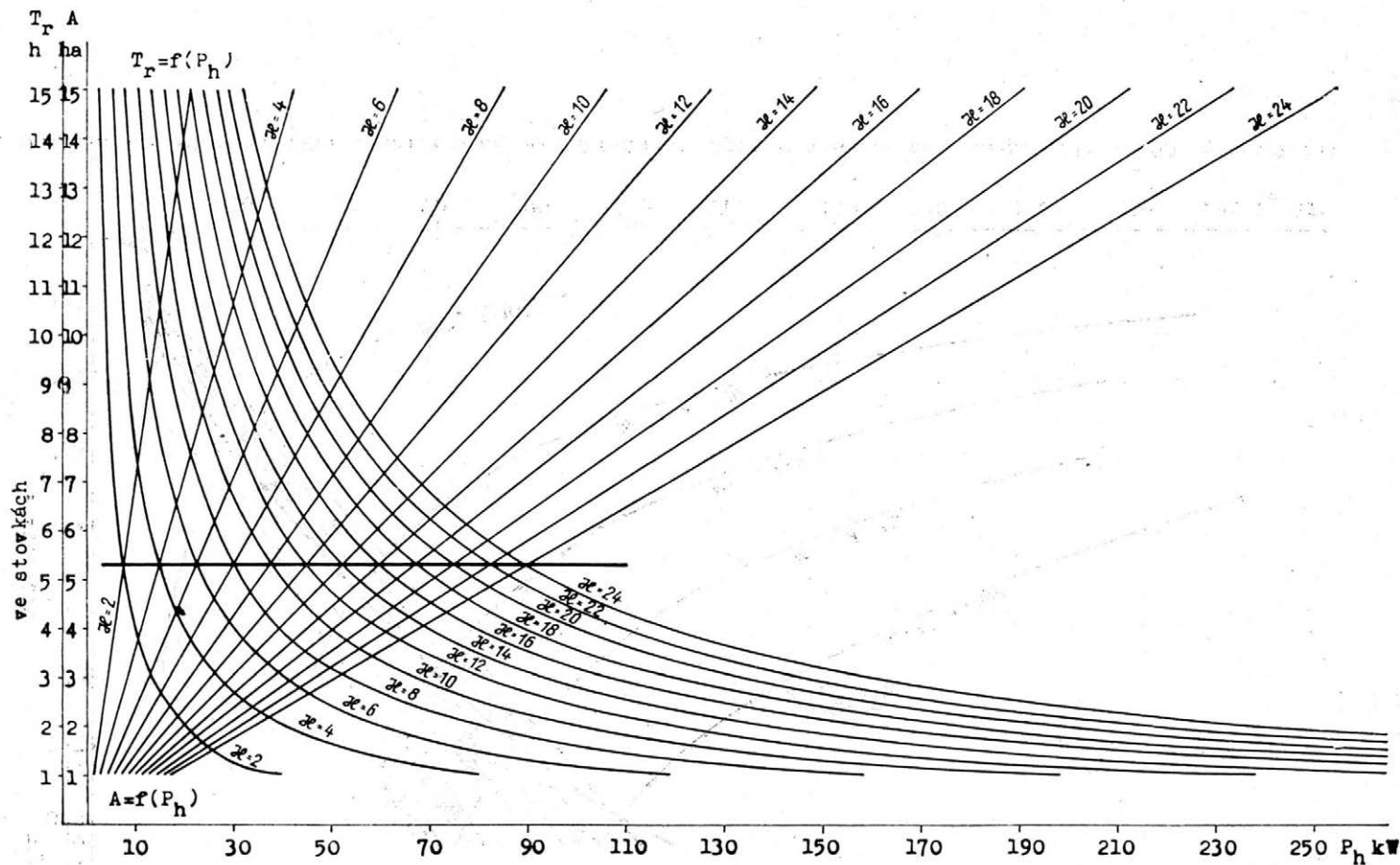
$$P_h = f(A, \kappa, \tau, \eta_v, T_r)$$

VLASTNÍ PRÁCE

Při zakreslování závislosti na obr. 1 jsme vypočítali průběh $T_r = f(P_h)$, a to pro různou výměru, kterou traktor za rok obdělá při měnícím se měrném odporu souprav; traktory se totiž zatím využívají k více než jedné operaci (až na výjimky). Na obr. 1 je uvedeno pět různých variant stejných závislostí. Pro stejné hodnoty κ a T_r byly zakresleny paprsky v závislosti $A = f(P_h)$. Průsečíky pěti paprsků $A = f(P_h)$ a pěti hyperbol $T_r = f(P_h)$ nám dávají novou křivku, po které se bude měnit potřebný příkon při změně všech veličin uvedených v rovnici (2). Pro měrný odpor soupravy $\kappa = 16$ kN m⁻¹, $T_r = 800$ h



1. Optimalizace tahového výkonu pro $\tau = 0,7$, $\eta_v = 0,6-0,95$ — Optimal traction performance for $\tau = 0,7$, $\eta_v = 0,6-0,95$



2. Optimalizace tahového výkonu pro $A = 400$ ha, $T_r = 700$ h, $\tau = 0.7$, $\eta_v = 0.8$ – Optimal traction performance for $A = 400$ ha, $T_r = 700$ h, $\tau = 0.7$, $\eta_v = 0.8$

rok⁻¹, $\eta_v = 0,6$, $\tau = 0,7$ a roční výkonnost $A = 800$ ha rok⁻¹ bude třeba traktor s tahovým výkonem $P_h = 105$ kW. Uvedená hodnota měrného odporu stroje naznačuje, že jde o orbu, a tak při tahové účinnosti $\eta_h = 0,6$ bude potřebný traktor s instalovaným výkonem 175 kW. Přibližně ke stejnému výsledku dospěl K o s e k [1973], který počítá potřebný výkon motoru u traktoru pro orbu podle rovnice:

$$P = \frac{51,6 \cdot v \cdot k}{\kappa \cdot 2,71^{0,816}} \quad k \quad (3)$$

Na obr. 2 je vyjádřena potřeba tahového výkonu pro jiné velikosti zemědělských podniků, jejichž výrobní podmínky se blíží podhorské oblasti. V členitých půdních podmínkách se hůře uplatňují traktory nejvyšších výkonových tříd. Počítali jsme tedy s roční výkonností při orbě $A = 400$ ha rok⁻¹, $T_r = 700$ h rok⁻¹, $\tau = 0,7$, $\eta_v = 0,8$.

Jestliže v r. 2000 počítáme se sedmi operacemi na jeden hektar zemědělské půdy, potom při 130 000 — 140 000 traktorů připadne na každý traktor 57 fyzických hektarů, tj. 400 obdělanych hektarů při sedmi průjezdech traktorem po každém hektaru zemědělské půdy. Za každý průjezd se uskuteční dvě až tři operace. Počítá se s růstem instalovaného výkonu průměrného traktoru až do 60 až 70 kW v letech 1990 až 2000.

Po uvedeném zjednodušení při řešení optimálního tahového výkonu zjistíme, že průsečíky paprsků a hyperbol (pro stejné hodnoty κ) leží na přímce rovnoběžné s osou výkonů. Přímka rovnoběžná s osou tahových výkonů P_h , daná průsečíky hyperbol a paprsků se stejnou hodnotou měrného odporu souprav, byla určena vztahy:

$$P_h = 0,1133 \cdot A \text{ — pro } T_r = 700 \text{ h rok}^{-1}$$

$$P_h = \frac{31746}{T_r} \text{ — pro } A = 400 \text{ h rok}^{-1}$$

pro obě závislosti $\tau = 0,7$ a $\eta_v = 0,8$, pro měrné odpory traktorových souprav od 2 do 24 kN m⁻¹.

Spustíme-li kolmice z průsečíků stejných hodnot κ na osu tahového výkonu P_h , najdeme odpovídající tahový výkon pro ten případ, kdy $T_r = 550$ h a $A = 550$ ha. Podle této metodiky je možné vykreslit nomogramy pro nejrůznější kombinace T_r a A . Volíme však takové kombinace, které odpovídají skutečným nebo plánovaným hodinovým výkonnostem jednotlivých polních souprav.

Obr. 2 vyjadřuje závislost tahového výkonu pouze na měrném odporu souprav a rovnice má tento výraz [platí pro průsečíky]

$$P_h = \frac{\kappa}{0,2016}$$

Příkony potřebné pro jednotlivé operace (charakterizované určitým měrným odporem soupravy) se hledají opět na spojnici jednotlivých průsečíků paprsků $A = f(P_h)$ a hyperbol $T_r = f(P_h)$. V tomto

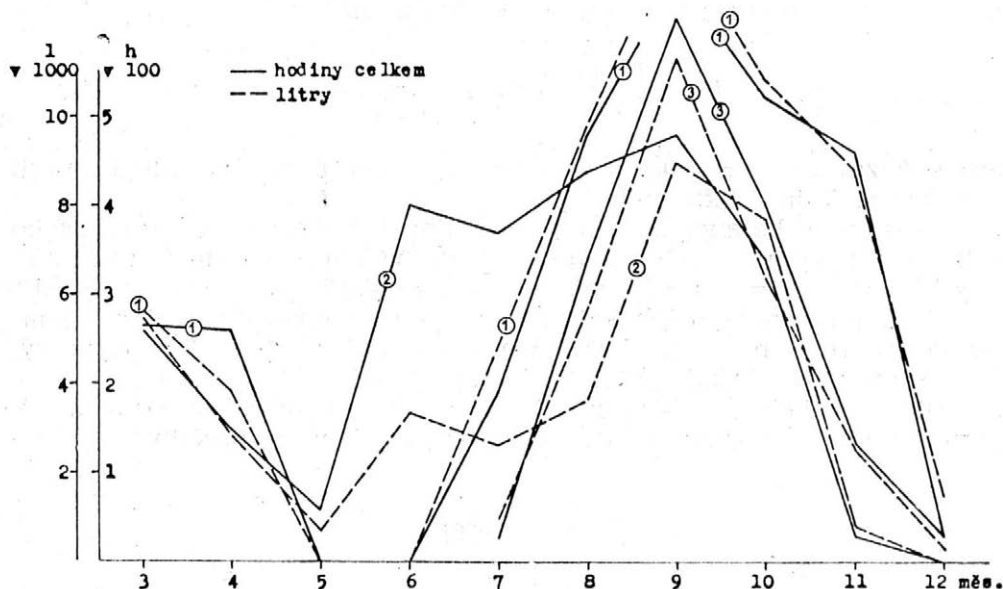
případě je však potřebný příkon o 30 % nižší než je znázorněno na obr. 1. Je to dáno poměrně velkým časem na zpracování malé plochy. Dále pak má vliv i součinitel využití tahového výkonu, který je u slabších tříd traktorů vyšší.

Můžeme předpokládat, že měrný odpor souprav, které budou vykonávat dvě až tři operace za jednu jízdu, vzroste až na 16 kN m^{-1} .

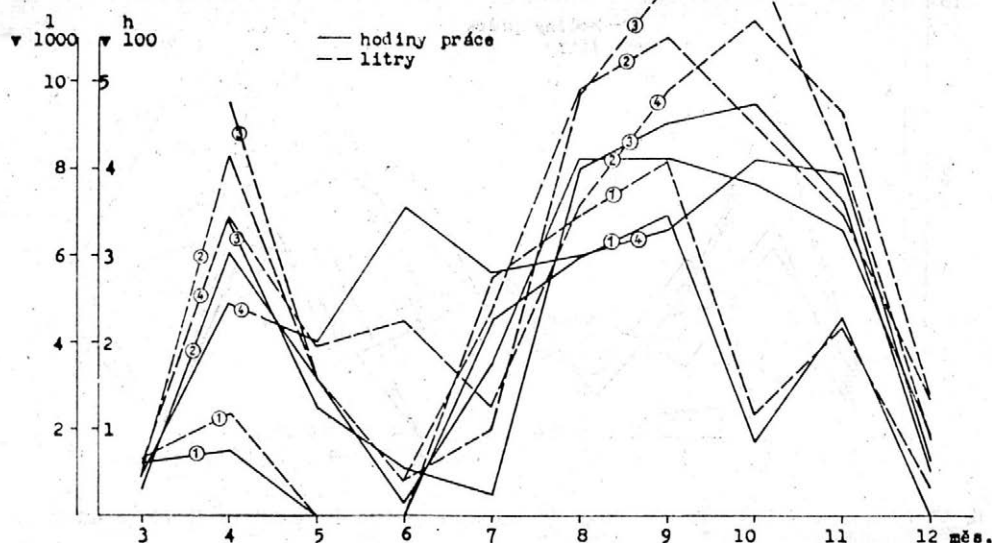
Při sestrojování závislosti $A = f(P_h)$ a $T_r = f(P_h)$ — (obr. 1) jsme vycházeli z podmínky (která odpovídá dlouholeté zkušenosti), že s růstem instalovaného výkonu v traktorovém motoru klesá využití tahového výkonu. Je to do jisté míry dáno součinitelem záběru (dříve součinitelem využití hmotnosti připadající na hnací kola traktoru), tj. schopností pneumatik nebo pásů a podložky realizovat hnací sílu, která je přiváděna na hnací kola. Vztah mezi růstem hnací síly přiváděné na kola a možnostmi pojezdového ústrojí přenést tuto sílu na podložku se zhoršuje s přechodem na vysoce výkonné traktory.

Traktory s jmenovitým výkonem $P = 175 \text{ kW}$ odpovídají tahačům používaným v čs. zemědělství, tj. K-700. Při analýze práce traktorů K-700 v r. 1974 a 1975 ve středisku Planá a Tuněchody (zemědělský podnik Tachov) bylo zjištěno, že orba a příprava půdy představuje 58 až 100 % časového využití tohoto typu traktoru. Hodinová výkonnost při orbě s K-700 byla v Tuněchodech v r. 1974 $1,07 \text{ ha h}^{-1}$ a v přípravě půdy $8,4 \text{ ha h}^{-1}$. V Plané v témž roce výkonnost při orbě $1,18 \text{ ha h}^{-1}$ a při přípravě půdy (urovnávání naoraných skýv) $4,85 \text{ ha h}^{-1}$. Využití traktorů K-700 v průběhu roku je charakterizováno množstvím odpracovaných hodin a spotřebou paliva (obr. 3 — 6).

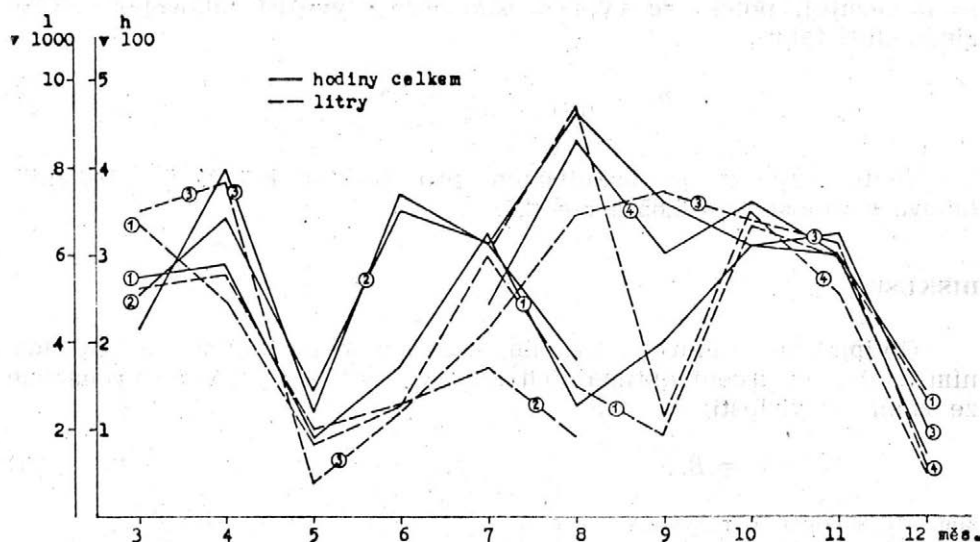
Jestliže zpětně vypočítáme součinitel využití tahového výkonu z údajů o využití traktorů K-700 při orbě, dostáváme hodnotu $\eta_v = 0,5$ až $0,7$. Při výpočtu součinitele využití tahového výkonu jsme přepo-



3. Využití traktorů k-700 v r. 1974, Planá — Employment of K-700 tractors in 1974, Planá

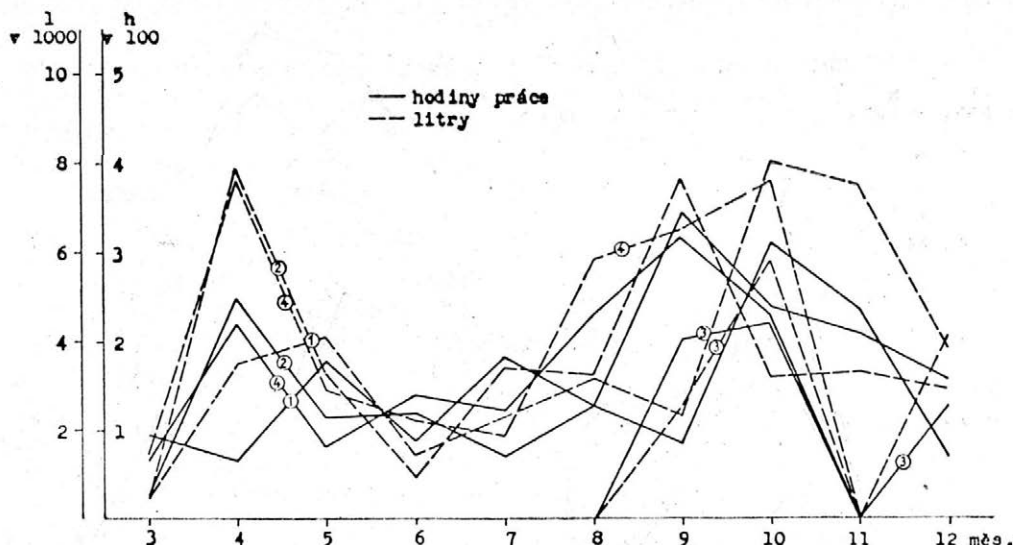


4. Využití traktorů k-700 v r. 1975, Planá — Employment of K-700 tractors in 1975, Planá



5. Využití traktorů K-700 v r. 1974, Tuněchody — Employment of K-700 tractors in 1974, Tuněchody

čítávali přípravu půdy na měrný odpor $\kappa = 16 \text{ kN m}^{-1}$, nebo spotřebu paliva při přípravě půdy na spotřebu paliva při orbě. V obou případech vychází hodnota součinitele využití tahového výkonu přibližně stejná. Bylo počítáno s průměrným měrným odporem souprav agregovaných s traktorem K-700 při přípravě půdy 3 až 5 kN m^{-1} . Tento příklad uvádíme jako zdůvodnění, proč byl vzat součinitel tahového využití výkonu pouze 0,6 při $\kappa = 16 \text{ kN m}^{-1}$. Jestliže vycházíme z předpokladu,



6. Využití traktorů K-700 v r. 1975, Tuněchody — Employment of K-700 tractors in 1975, Tuněchody

že traktor za hodinu v průměru zorá jeden hektar [uvedená skutečnost to dokazuje], potom se výpočet součinitele využití tahového výkonu zjednoduší takto:

$$\eta_v = \frac{\kappa}{0,36 \cdot \tau \cdot P_h} \approx 0,67 \quad (4)$$

Tento výpočet je uskutečněn pro traktor K-700, $P = 147$ kW, tahová účinnost $\eta_h = 0,65$ a $\tau = 0,7$.

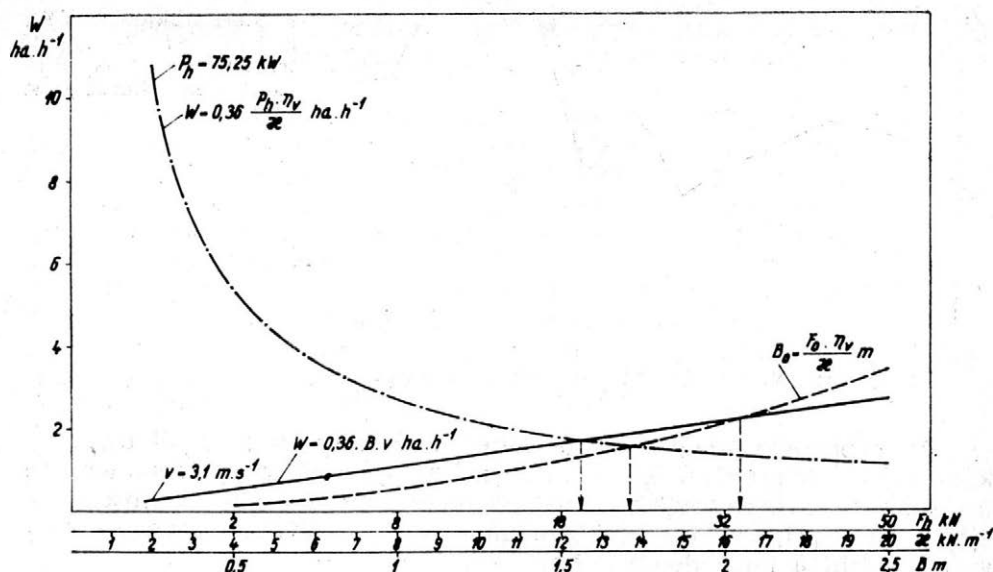
DISKUSE

Optimalizaci tahového výkonu je možné řešit jinými postupy. Jedním z nich je určení optimálních tahových sil, a to tak, že vycházíme ze známé závislosti:

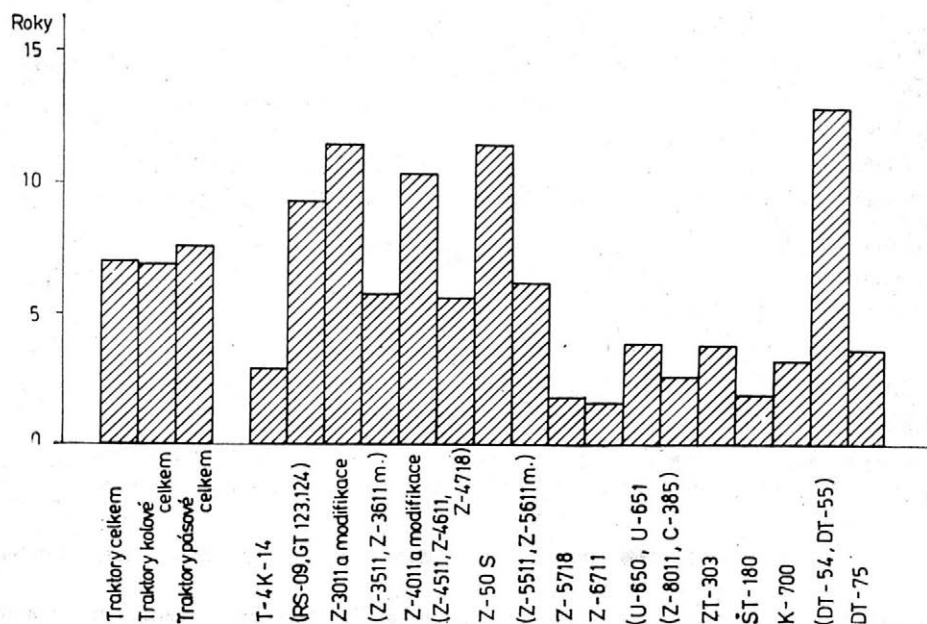
$$F_h \geq R_s = B \cdot \kappa \quad \text{kN} \quad (5)$$

kde: R_s — odpor soupravy kN
 F_h — tahová síla kN

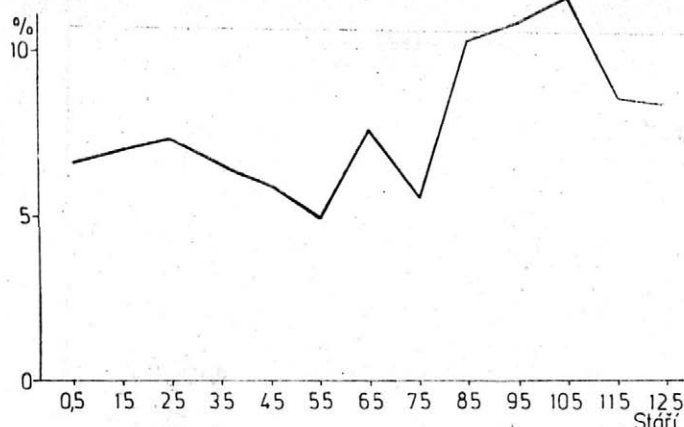
V obr. 7 jsou zakresleny závislosti: $W = f(\kappa)$ pro určitý tahový výkon, dále pak $W = f(B)$ a $W = f(F_h)$. Na křivce $W = f(\kappa)$ jsou dalšími dvěma závislostmi vymezeny rozsahy tahových sil, které odpovídají optimu pro zadané parametry traktoru. Na obr. 7 je možné také najít optimální pracovní záběr strojů, které jsou vhodné pro agregaci s předpokládaným tahačem. Dobré využití tahače s instalovaným výkonem motoru $P = 135$ kW bude na operacích, které mají měrný odpor stroje od 13 do 16 kN m⁻¹, pracujeme-li na optimálních pracovních rychlostech pro tento tahač (3 m s⁻¹).



7. Grafické vymezení optimálního rozsahu tahových sil u traktoru ŠT-180 – Graphic depiction of the optimal range of traction forces in the ŠT-180 tractor



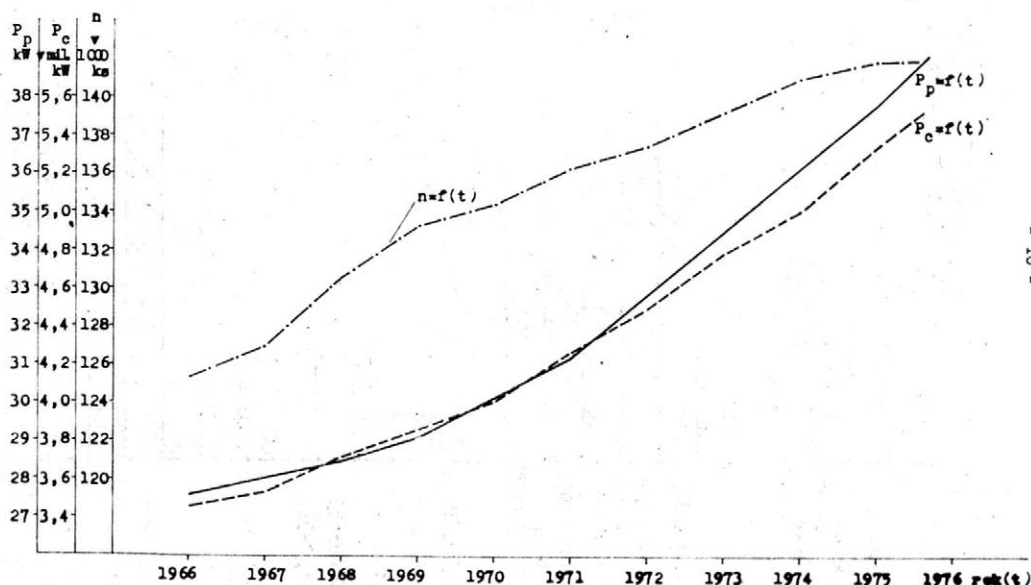
8. Průměrné stáří traktorů v ČSSR k 1. 1. 1976 – Average age of tractors in Czechoslovakia on January 1st 1976



9. Stáří traktorů v ČSR k 1. 1. 1976 — Age of tractors in Czechoslovakia on January 1st 1976

Při výpočtech podle uvedené metodiky se nepočítalo s poklesem výkonu motoru v průběhu jeho životnosti. Při optimalizaci potřeby energie instalované v traktorových motorech bude třeba s tímto poklesem počítat v tom případě, budou-li značné rozdíly ve výkonu mezi traktory vrakovanými a nově dodávanými.

Na obr. 8 a 9 je znázorněna věková struktura traktorů v čs. zemědělství. Tato struktura se v posledních letech zhoršuje a může tedy do jisté míry ovlivnit výkonnost traktorových polních soupřav. Optimalizace výkonu nebo tahového výkonu u traktorů pro polní práce je řešena ve všech vyspělých státech světa. Přístupy k řešení tohoto problému jsou odlišné, ale výsledky se od sebe příliš neliší. Nejčastěji je optimalizován tahový výkon u traktorů na základě minimalizace ročních nákladů. Při



10. Vývoj počtu traktorů, průměrného instalovaného výkonu a celkového výkonu v traktorových motorech v letech 1966–1976 (ČSSR) — Growth of the number of tractors, average installed performance and overall performance of tractor engines from 1966 to 1976 (Czechoslovakia)

teoretickém řešení uvedeném v tomto příspěvku jsme sledovali závislosti výkonu na pracovním záběru, na měrném odporu souprav a na časovém využití.

Jestliže srovnáváme řešení optimalizace tahového výkonu traktoru (obr. 1 a 2) s optimalizací tahových sil (obr. 7), zjistíme, že bylo dosaženo stejných hodnot pro pracovní rychlost, která je optimální pro traktory třídy 130 až 150 kW. V prvním případě byl hledán optimální tahový výkon a v druhém rozsah optimálních tahových sil pro známý energetický zdroj.

Vývoj počtu traktorů, průměrného instalovaného výkonu v traktorovém motoru a celkového výkonu v traktorových motorech za posledních deset let je uveden na obr. 10, který dokumentuje, že je třeba zvýšit úsilí o dodávky traktorů vyšších výkonových tříd a sledovat stálost stoupajícího trendu dodávek v celkovém instalovaném výkonu v traktorových motorech. Optimalizace velikosti energetických zdrojů pro polní výrobu v ČSSR nebere zatím v úvahu penalizaci za nečasné provedení operací, protože dosud neznáme přesné ztráty na výnosech, které vznikají předčasným nebo opožděným ukončením jednotlivých operací. Při penalizaci za nečasnost vychází optimální velikost energetických zdrojů i strojů až o 100 % větší.

ZÁVĚR

Hlavními parametry, které byly vzaty v úvahu při optimalizaci výkonu u traktoru, jsou: pracovní záběr, pracovní rychlost, výměra obdělávané půdy traktorem, střední měrný odpor soupravy a měrná výkonnost. Měrný odpor soupravy je nejvíce se měnící veličinou v zemědělském podniku a má tedy největší vliv na potřebu instalovaného výkonu v traktorovém motoru. Vycházíme-li z měrných odporů souprav, zjistíme, že polovina kW instalovaných v traktorových motorech pracuje při výkonu nejtěžších operací, které představují měrný odpor 20 až 30 kN m⁻¹. Grafické řešení optima tahového výkonu ukazuje, že při měrném odporu 16 kN m⁻¹ bude potřebný průměrný tahový výkon 100 kW. Tento závěr vychází z předpokladu, že jednotlivé operace jsou vykonány včas. Operace jsou dány technologickým postupem a rozmezí času je určeno potřebou dalšího zvýšení hektarových výnosů polních plodin.

Literatura

- KOSEK, J.: Výkonné kolové traktory. Praha, Stát. zeměd. nakl. 1973.
OUBRECHT, J.: Změny ve využití zemědělské techniky v průběhu socializace čs. zemědělství. In: Sborník prací MF VŠZ Praha, 1975, s. 225-233.
OUBRECHT, J. — ŽÁROVÁ, D.: Racionální formy využívání strojové techniky. [Průběžná zpráva.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1978.
— Podkladové materiály VÚZT v Praze: Využití traktorů K-700 v oborovém podniku Tachov.

Došlo dne 26. 6. 1978

ОУБРЕХТ, Й. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол): Оптимализация тяговой мощности у тракторов. Земед. Техн., 25, 1979 (7): 405-416.
Тракторы в чехословацком сельском хозяйстве проводят операции, которые представляют

удельное сопротивление агрегатов от 1 до 30 кН/м, а именно при удельном сопротивлении почвы от 30 до 100 кН/м². С переходом на высшую рабочую скорость удельное сопротивление тракторных агрегатов увеличивается, особенно при скоростях выше 2 м/с. Трактор должен работать в пределах тех скоростей, когда он достигает максимальной эффективности. В последнее время максимальная тяговая мощность уже переходит в область более высоких рабочих скоростей и в область высших тяговых усилий. Это вызвано двигателями с высшей мощностью и новой конструкцией ходовой части трактора. Приводится графическое решение оптимума тяговой мощности и тягового усилия при известной оптимальной рабочей скорости агрегата.

трактор; тракторный агрегат; тяговая мощность; тяговое усилие; скорость; удельное сопротивление агрегата

OUBRECHT, J. (University of Agriculture, Praha - Suchdol): *Optimal Traction Performance of Tractors*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 405-416.

In Czechoslovak agriculture tractors carry out work which is equal to a resistivity of machine sets amounting to 1-30 kN/m at a resistivity of soil amounting to 30-100 kN/m². The transition to higher speeds of operation increases the resistivity of tractor sets, especially if the speeds are higher than 2 m/sec. The tractor should work at speeds which ensure maximum effectiveness. Over the recent years, maximum traction effectiveness has been shifting into the region of higher speeds of operation and into the region of higher traction forces. This is due to the higher installed performance of tractor engines and the new design of the advance section of the tractor. Diagrams depicting the optimal values of traction performance and traction force at a given optimal speed of operation of the tractor set are presented.

tractor; tractor set; traction performance; traction force; speed; resistivity of the tractor set

OUBRECHT, J. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha - Suchdol): *Optimierung der Zugleistung bei den Schleppern*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 405-416.

Die Schlepper in der tschechoslowakischen Landwirtschaft verrichten Arbeitsgänge, die einen spezifischen Widerstand der Schlepperzüge von 1 bis 30 kN m⁻¹ darstellen, und zwar bei dem spezifischen Bodenwiderstand von 30 bis 100 kN m⁻². Mit dem Übergang an höhere Arbeitsgeschwindigkeiten wird der spezifische Widerstand der Schlepperzüge erhöht, besonders dann bei den Geschwindigkeiten über 2 m s⁻¹. Der Schlepper soll im Bereich jener Geschwindigkeiten arbeiten, bei denen er den höchsten Wirkungsgrad erzielt. In den letzten Jahren wird die maximale Zugwirkung in den Bereich der höheren Arbeitsgeschwindigkeiten und in den Bereich der höheren Zugkräfte verlagert. Dies ist durch die höhere eingebaute Leistung in Schleppermotoren und durch neue Bauart des Schlepperfahrwerks gegeben. Es wird die graphische Lösung des Bestwertes der Zugleistung und der Zugkraft bei der bekannten optimalen Arbeitsgeschwindigkeit des Schlepperzuges aufgeführt.

Schlepper; Schlepperzug; Zugleistung; Zugkraft; Geschwindigkeit; spezifischer Widerstand des Schlepperzuges

Adresa autora:

Doc. ing. Josef Oubrecht, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha 6 - Suchdol

POSUDZOVANIE TEPELNÝCH VLASTNOSTÍ STAVIEB PRE ŽIVOČÍŠNU VELKOVÝROBU

K. Janáč

JANÁČ, K. (Ústav stavebníctva a architektúry, Bratislava): *Posudzovanie tepelných vlastností stavieb pre živočíšnu veľkovýrobu*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7): 417–438.

Nové konštrukčné sústavy stavieb pre živočíšnu výrobu s viacvrstvovým alebo sendvičovým opláštením sa posudzujú teplotnými výpočtami a výsledky sa overujú laboratórnymi meraniami. Teoretické výpočty a laboratórne práce sa robia na úrovni posudzovania za stacionárneho a nestacionárneho priebehu teplôt podľa požiadaviek ČSN a ON. Teplotný útlm a fázové oneskorenie teplotných vln v obvodových konštrukciách sa overajú vo výskume za nestacionárnych teplotných podmienok pomocou modelových meraní v klimatizačnej komore alebo hydrointegrátorom a konfrontujú sa s výsledkami exaktných výpočtov na samočinných počítačových strojoch. Konfrontácia výsledkov z teoretických a laboratórnych prác sa ukončuje v dostatočnom predstihu pred praxou a vylučuje možnosť výstavby tzv. nových havarijných stavieb.

viacvrstvové opláštenie; sendvičové opláštenie; stacionárny a nestacionárny priebeh teplôt; teplotný útlm; fázové oneskorenie teplotných vln; klimatizačná komora; hydrointegrátor

Všetky druhy velkokapacitných objektů pro živočišnou výrobu sù vystavované v prevádzkových podmienkach vlhkému až mokrému a agresívnemu prostrediu. Vysoká relatívna vlhkosť vzduchu a prevádzková vlhkosť pôsobí na obvodový plášť nepretržite v priebehu celého roka a táto skutočnosť si zasluhuje zvýšenú pozornosť už pri navrhovaní a posudzovaní stavieb v projektových ústavoch.

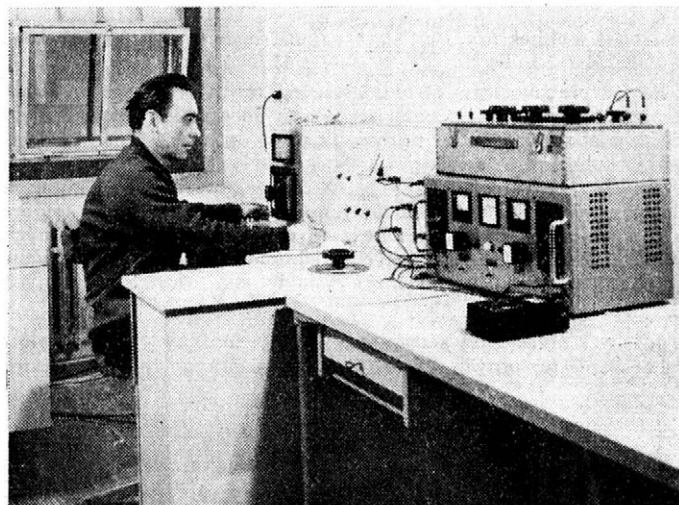
Pokiaľ sa na výstavbu stajní používali iba jednovrstvové obvodové konštrukcie z konvenčných materiálov, napr. z mrazuvzdorných tehál, neboli v praxi vážnejšie problémy s navlhčovaním obvodových konštrukcií a s ich deštrukciou. Keramické jednovrstvové konštrukcie mali dobré tepelnoizolačné a tepelnoakumulačné vlastnosti a z okolia vlahu nielen prijímali, ale v letných mesiacoch sa jej aj dobre zbavovali. Iná situácia však nastáva v súčasnom období, keď obvodové konštrukcie zhotovuje stavebný priemysel a keď pozostávajú z viacvrstvových sendvičových prefabrikátov.

Pri vyťahovaní viacvrstvových alebo sendvičových prefabrikovaných konštrukcií nevystačujeme už často ani s dostatočnou presnosťou výpočtov a musíme ich vyšetrovať z hľadiska ich tepelnoizolačných vlastností aj v laboratórnych podmienkach. Tak ako teoretické výpočty, aj laboratórny výskum členíme na dve metódy teplotného posudzovania konštrukcií a budov: posudzovanie obvodových konštrukcií a budov za stacionárnych alebo nestacionárnych teplotných podmienok. Keďže pri posudzovaní progresívnych konštrukčných sústav nevystačíme len s jednou metódou, uvedieme v príspevku komplexnú metódu výskumu.

METÓDY POSUDZOVANIA STAVEBNÝCH LÁTK A OBVODOVÝCH KONŠTRUKCIÍ ZA STACIONÁRNYCH TEPLOTNÝCH PODMIENOK S OHĽADOM NA SÚČINITEL TEPELNEJ VODIVOSTI A TEPELNÉHO ODPORU

STANOVENIE SÚČINITELA TEPELNEJ VODIVOSTI AZBESTOCEMENTOVEJ DOSKY V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH NA PRÍSTROJI POENSGEN

Vysoká relatívna vlhkosť vzduchu v stajniach má vplyv aj na vlhkosť stavebných látok zabudovaných v obvodových konštrukciách objektov. Nakoľko naše normy uvádzajú hodnoty súčiniteľov tepelnej vodivosti stavebných látok stanovené na prístroji dr. Bocka na vysušených vzorkách, nemôžu byť dostatočne hodnoverné pre stavby s vlhkým až mokrym prostredím. Preto sme vyvinuli nový zdokonalený prístroj Poensgen, ktorý na rozdiel od prístroja dr. Bocka dovoľuje stanoviť hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti stavebných látok aj pre vlhké prostredie stajní (obr. 1).



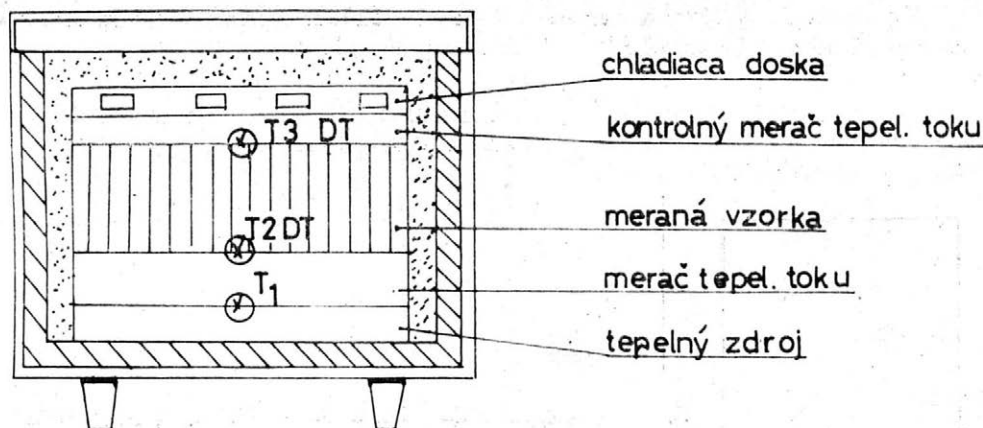
1. Meranie pokusných vzoriek na stanovenie súčiniteľov tepelnej vodivosti pomocou zdokonaleného prístroja Poensgen, zhotoveného v Ústarch SAV v Bratislave — Measurement of experimental specimens to determine the coefficients of thermal conductivity by means of improved apparatus Poensgen, made at the Institute of Architecture, Slovak Academy of Sciences, Bratislava

Ako vzor stanovíme súčiniteľ tepelnej vodivosti pre progresívnu stavebnú látku z azbestocementu z dvoch príčin: je to stavebná látka, ktorá nachádza široké uplatnenie aj v poľnohospodárskom stavebníctve nielen ako krytina, ale aj ako stavebný materiál používaný do ľahkých obvodových viacvrstvových konštrukcií budov; za druhé preto, lebo hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti azbestocementu, udávaná ČSN 73 3054 a SnIP II-A.7-62, je veľmi odlišná.

Na meranie použijeme azbestocementovú dosku s touto charakteristikou:

rozmer pokusnej vzorky:	50 . 50 . 0,972 cm
hmotnosť pokusnej vzorky pred meraním	5181,6 g
hmotnosť pokusnej vzorky po meraní	5181,6 g
hmotnostná vlhkosť pokusnej vzorky	2,0 %
hmotnosť azbestocementu (ČSN 73 0540)	1800 kg m ⁻³

Na meranie použijeme zdokonalený laboratórny prístroj Poensgen a meraciu aparaturu podľa schémy na obr. 2. Podľa obr. 2 sme pri meraní použili dva merače tepelného toku a dvojitú počítaciu aparaturu systém Cammerer (NSR). Meranie prebiehalo za stacionárnych podmienok podľa metodiky vypracovanej v Ústave stavebníctva a architektúry (Ústarch) SAV a podľa požiadavky ČSN 72 7012.



2. Schéma merania pokusných vzoriek na zdokonalenom prístroji Poensgen — A diagram of measuring the experimental specimens by the improved apparatus Poensgen

Výpočet tepelnej hustoty

stredná teplota merača tepelného toku
 ciachovná konštanta merača tepelného toku
 celkový čas odčítania jednotiek
 celkový počet jednotiek
 počet jednotiek za hodinu

$$\begin{aligned} t_{str} &= 26,71^{\circ}\text{C} \\ K_{MT} &= 34,927 \text{ W m}^{-2} \text{ m A} \\ \Sigma t &= 27 \text{ h} \\ \Sigma \dot{Q}_{MT} &= 4882,70 \text{ JČ} \\ \frac{\Sigma \dot{Q}_{MT}}{\Sigma t} &= 180,84 \text{ JČ h}^{-1} \end{aligned}$$

tepelná hustota meranej vzorky $f = \frac{\Sigma \dot{Q}/h}{100} \cdot K_{MT} = 63,162 \text{ W m}^{-2}$

Výpočet teplotnej diferencie

ciachovná konštanta diferenciálneho termočlánku
 celkový čas odčítania:
 celkový počet jednotiek
 počet jednotiek za hodinu

$$\begin{aligned} K_{DT} &= 21,3^{\circ}\text{C} \\ \Sigma t &= 27 \text{ h} \\ \Sigma \dot{Q}_{DT} &= 2928,7 \text{ JČ} \\ \frac{\Sigma \dot{Q}_{DT}}{\Sigma t} &= 108,47 \text{ JČ} \end{aligned}$$

teplotná diferencia meranej vzorky $\Delta t = \frac{\Sigma \dot{Q}}{100} \cdot K_{DT} = 2,017^{\circ}\text{C}$

nameraná hodnota teplotnej diferencie: $\Delta t = 1,958^{\circ}\text{C}$

Výpočet tepelnej vodivosti azbestocementovej vzorky

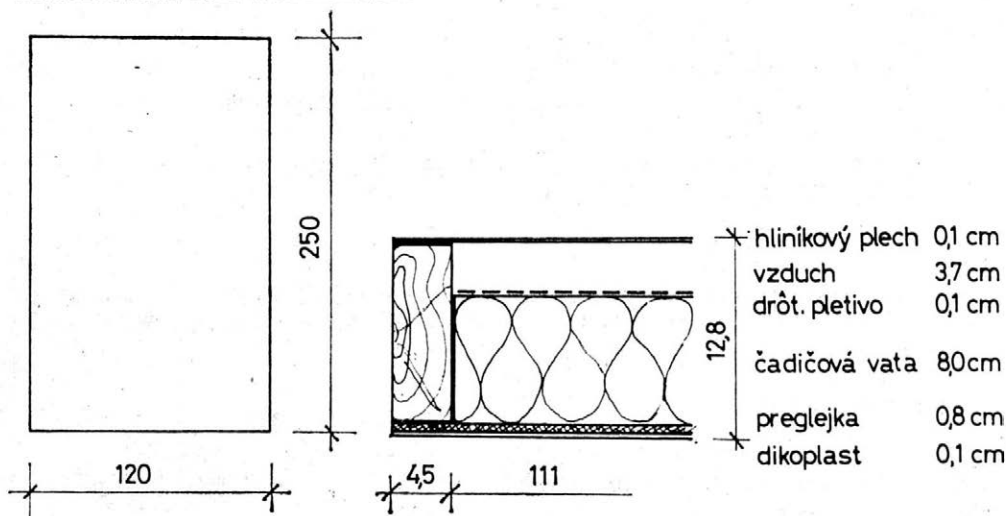
$$\lambda = f \frac{s}{\Delta t} = 0,303 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$$

Hodnotenie výsledku podľa ČSN 73 0540 SNiP II-A.7-62 a Ústarch SAV

ČSN — azbestocementová doska $\rho = 1800 \text{ kg m}^{-3}$, $\omega_v = 0\%$, $\lambda = 0,546 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$
 SNiP — azbestocementová doska $\rho = 1900 \text{ kg m}^{-3}$, $\omega_v = 0\%$, $\lambda = 0,291 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$
 Ústarch-SAV azbestocementová doska $\rho = 1800 \text{ kg m}^{-3}$, $\omega_v = 2\%$, $\lambda = 0,303 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$

Z porovnania vyplýva, že nameraná hodnota súčiniteľa tepelnej vodivosti azbesto-cementovej dosky v Ústarch SAV je zhodná s normou SNiP.

STANOVENIE TEPELNÉHO ODPORU LAHKÉHO STENOVÉHO PANELU KONŠTRUKČNEJ SÚSTAVY DHA NA PRÍSTROJI FEUTRON ZA STACIONÁRNYCH PODMIENOK



3. Schéma skladby a rozloženia stavebných látok v ľahkom stenovom paneli konštrukčnej sústavy DHA (drevené haly Agroprogres) — A diagram of the structure and distribution of building materials in a light-weight wall panel of the construction system Agroprogres Timber Halls (DHA)

Na vyhodnotenie sme použili ľahký prefabrikovaný stenový panel konštrukčnej sústavy DHA (drevené haly Agroprogres), ktorého rozmiery, skladba stavebných látok a ich zaradenie sú na obr. 3, 7, 9:

hmotnosť panelu	65 kg
hmotnosť čadičovej vaty	$\rho = 150 \text{ kg m}^{-3}$
priemerná hrúbka čadičovej vaty	$d = 5,8 \text{ cm}$

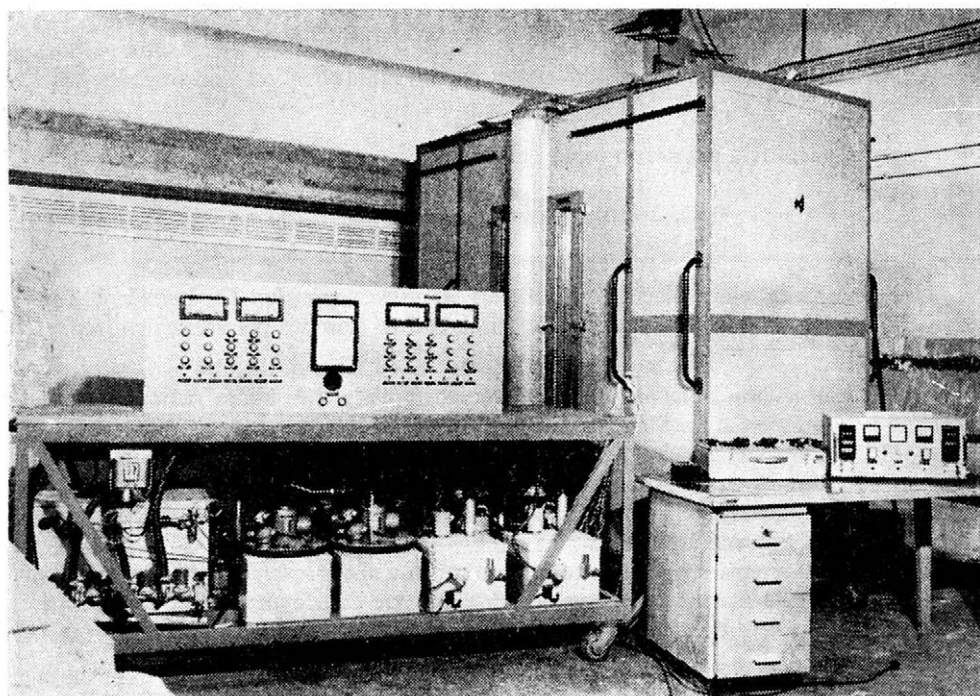
hmotnostná vlhkosť použitých stavebných látok

vodovzdorná smreková preglejka	$\omega_v = 8,16 \%$
papier v čadičovej vate	$\omega_v = 9,49 \%$
čadičová vata	$\omega_v = 0,29 \%$
drevo zvislého stĺpika	$\omega_v = 16,48 \%$
priemerná hmotnostná vlhkosť panelu	$\omega_v = 8,605 \%$

Na meranie sme použili laboratórny prístroj Feutron (obr. 4). Umiestnenie termočlánkov (Cu-Ko), merača tepelného toku a stanovenie okrajových podmienok vyplýva zo schémy na obr. 5. Merali sme za stacionárnych teplotných podmienok podľa požiadaviek výrobcu prístroja (K. Weiss, NDR) a podľa ČSN 73 0515.

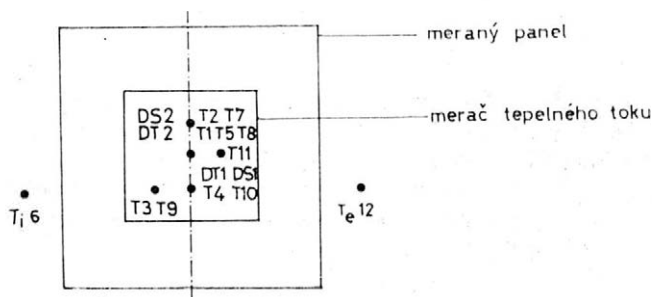
Výpočet tepelnej hustoty panelu

$$f = \frac{\Sigma \dot{Q}/h}{100} \cdot K_{MT} = \frac{174,09 - 99}{100} \cdot 12,163 = 9,133 \text{ W m}^{-2}$$



4. Pohľad na laboratórne zariadenie Feutron pre stanovenie tepelného odporu obvodových konštrukcií budov — A view of the Feutron laboratory equipment for measuring the thermal resistance of peripheral structures of buildings

5. Schéma umiestnenia meracích zariadení pri meraní tepelného odporu na prístroji Feutron — DT1, DT2, DS1 a DS2 sú dvojité diferenciálne termočlánky, T1 až T12 sú meracie termočlánky v zložení Cu-Ko — A diagram of allocation of thermocouples for measuring the thermal resistance by the Feutron apparatus



Výpočet tepelnej priepustnosti panelu

$$\lambda = \frac{f}{\Delta t} = \frac{9,133}{12,40} = 0,736 \text{ W m}^{-2} \text{ K}$$

Výpočet tepelného odporu panelu

$$R = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,736} = 1,359 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

Výpočet odporu pri priestupe tepla panelom

$$R_o = \frac{1}{8,14} + \frac{1}{1,359} + \frac{1}{23,26} = 1,525 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

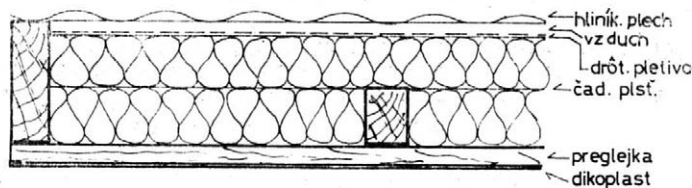
Výpočet súčiniteľa priestupu tepla panelom

$$k = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{1,525} = 0,656 \text{ W m}^{-2} \text{ K}$$

Overovaním tepelnoizolačných vlastností stenových panelov konštrukčnej sústavy DHA, použitých na pokusnom objekte v klimatizačnej komore pri vonkajších teplotách vzduchu -16 , -20 a -24 °C, sme zistili tieto nedostatky:

— Hrúbka tepelnoizolačnej vrstvy z čadičovej vaty 5,8 cm je nedostačujúca. Je potrebné hrúbku zväčšiť na 8 cm. Vzhľadom na to, že čadičová vata pri otrasoch (napr. pri doprave a montáži) panelov sklzáva a vytvára tak po obvode rámu tepelné mosty, je potrebné ju nahradiť pevnou čadičovou plstou. Čadičová plst má však pri $\rho = 275 \text{ kg}$ vyššiu hodnotu súčiniteľa tepelnej vodivosti $\lambda = 0,089 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$ a potom jej ekvivalentná hrúbka musí byť zvýšená z 8 cm na 13,5 cm.

— V záujme zmenšenia vplyvu tepelných mostov aj v drevených priechkach stužujúcich rám stenového panelu sa odporúča ich prekrytie čadičovou plstou podľa schémy na obr. 6.



6. Návrh na úpravu ľahkého stenového panelu konštrukčnej sústavy DHA (drevené haly Agroprogres) čadičovou plstou — A sketch of basalt felt adjustment of a light-weight wall panel of the construction system Agroprogres Timber Halls

Z uvedených poznatkov vyplýva, že za základ komplexného tepelnoizolačného hodnotenia konštrukčných prvkov stavieb pokladáme modelové merania za podmienok nestacionárneho priestorového šírenia tepla v klimatizačnej komore. Tým, že klimatizačná komora v Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave pracuje za nestacionárnych teplotných podmienok, vytvára ideálne podmienky pre komplexné posudzovanie budov na modeloch.

METÓDY POSUDZOVANIA STAVIEB ZA NESTACIONÁRNÝCH TEPLOTNÝCH PODMIENOK S OHLADOM NA TEPLOTNÝ ÚTLUM A FÁZOVÉ ONESKORENIE TEPLOTNÝCH VLŇ

Ako vyplynulo z predchádzajúcej časti článku, posudzovali sme konštrukčnú sústavu DHA pre živočíšnu výrobu za stacionárnych teplotných podmienok. Z týchto výpočtov sme získali orientačný prehľad o tepelnoizolačných vlastnostiach nových navrhovaných obvodových plášťov konštrukčnej sústavy (tepelný odpor — R , odpor pri priestupe tepla — R_o a súčiniteľ priestupu tepla — k).

Pri všetkých a najmä pri zložitejších viacvrstvových alebo sendvičových konštrukciách budov je dôležité a nutné poznať aj ďalšie tepelnoizolačné charakteristiky,

ktoré stanovujeme za nestacionárneho teplotného režimu. Sú to hodnoty teplotného útlmu (ν) a fázového oneskorenia teplotnej vlny (ξ), ktorých hodnoty sú podľa nových revidovaných noriem pri hodnotení obvodových konštrukcií požadované a sú tiež presne tolerované v tab. I (ČSN 73 0540; Řehánek, 1975; ČSN 73 3054).

I. Výsledky hodnotenia tepelnotechnických vlastností obvodových plášťov podľa ČSN 73 0540, 72 7012, 73 3054 — Results of evaluating thermo-technological properties of peripheral jackets according to Czechoslovak State Standards ČSN 73 0540, 72 7012, 73 3054

Názov	Hodnota predpísaná normou	
	ČSN 73 0540	2
Tepelný odpor	ČSN 73 4502	
	9	
	R^N ($\text{m}^2\text{K W}^{-1}$) pri teplote vonkajšieho vzduchu t_e ($^{\circ}\text{C}$)	
I.	-15,0	0,55
II.	-18,0	0,61
III.	-18,0	0,61
Súčiniteľ priestupu tepla		
I.	$k = 1,4$	($\text{m}^2 \text{K}^{-1} \text{W}$)
II.	$k = 1,4$	($\text{m}^2 \text{K}^{-1} \text{W}$)
III.	$k = 1,4$	($\text{m}^2 \text{K}^{-1} \text{W}$)
Vnútorná povrchová teplota		
	t_{ip} ($^{\circ}\text{C}$) pri teplote vonkajšieho vzduchu t_e ($^{\circ}\text{C}$)	
I.	-15,0	5,63
II.	-18,0	5,63
III.	-18,0	5,63
Vnútorná povrchová teplota na tepel. moste a na stykoch		
	$t_{im.s}$ ($^{\circ}\text{C}$) pri teplote vonkajšieho vzduchu t_e ($^{\circ}\text{C}$)	
I.	-15,0	5,63
II.	-18,0	5,63
III.	-18,0	5,63
Teplotný útlm		
	ν^N pri teplote vonkajšieho vzduchu t_e ($^{\circ}\text{C}$)	
I.	-15,0	8,34
II.	-18,0	8,34
III.	-18,0	8,34
Fázové meškanie teplot. vlny		
	ξ (h)	
I.	-15,0	
II.	-18,0	
III.	-18	
Kondenzácia vodných pár		
	$P_k = 0$ (g m^{-2}) pri teplote vonkajšieho vzduchu t_e ($^{\circ}\text{C}$)	
I.	-15,0	$P_k = 0$
II.	-18,0	$P_k = 0$
III.	-18,0	$P_k = 0$

Teoretické stanovenie kritérií k tab. I podľa konečného návrhu ČSN 73 . . . pre stajňové objekty má tento postup:

teplotný útlm stanoveného keramického panelu $\nu = 22,2$ (tab. V)
 okrajové podmienky pre hovädzí dobytok: $t_i = 5, 8, 10$ a 15°C ; $\varphi_i = 85\%$
 teplotná oblasť A: $t_e = -15^\circ\text{C}$ ($t_e = -15 - \Delta t_e$; $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ a $\nu > 6,9$)
 teplotná oblasť B: $t_e = -18^\circ\text{C}$ ($t_e = -18 - \Delta t_e$; $\Delta t = 0^\circ\text{C}$ a $\nu > 6,9$)

Stanovenie teploty na vnútornom povrchu t_{ip}

$$t_{ip}^N = t_s \div \Delta t_s$$

kde: $\Delta t_s = 0,5$ K, ale $\varphi_i < 80\%$

Stanovenie teploty na vnútornom povrchu styku a na tepelnom moste t_{im} :

$$t_{im}^N = t_s$$

kde: t_s — teplota rosného bodu

Príklad pre $t_i = 5^\circ\text{C}$ a $\varphi_i = 85\%$;

tlak nasýtenej vodnej pary pri $t_i = 5^\circ\text{C}$ $p_p'' = 876,47$

skutočný tlak vodnej pary $p_p = 0,85 \cdot p_p'' = 0,85 \cdot 876,47 = 775,1$

teplota rosného bodu $t_s = 2,7^\circ\text{C}$

Δt_s je bezpečnostná prírážka, daná ČSN 73 . . . podľa veľkosti φ_i pre $\varphi_i > 80\%$

$$\begin{aligned}\Delta t_s &= 0,5^\circ\text{C} \\ t_{ip} &= 2,7 \div 0,5 = 3,2^\circ\text{C} \\ t_{im} &= t_s = 2,7^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\text{tepelný odpor } R^N = \frac{t_i - t_e}{t_i - t_{ip}} - (R_i \div R_e)$$

$$\text{súčiniteľ priestupu tepla } k^N = \frac{1}{R^N \div R_i \div R_e}$$

Teplotný útlm sa musí vypočítať vopred kvôli určeniu zníženia teploty vonkajšieho vzduchu Δt_e . Pri $\nu = 22,2 > 6,8 \rightarrow$ teplotný útlm nevyžaduje zníženie výpočtovej teploty t_e .

Kondenzácia vodných pár: a) $P_k = 0$, alebo b) $P_k \neq 0$, ale $P_k \leq P_v$ (ročná bilancia).

Výpočet R^N a k^N pre zimné obdobie stajňových objektov:

$$R_i = 0,071 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}; R_e = 0,043 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$t_e = -15^\circ\text{C}; t_i = 5^\circ\text{C}; t_{ip} = 3,2^\circ\text{C}$$

$$R^N = 0,071 \frac{5 - (-15)}{5 - 3,2} - (0,071 + 0,043) = 0,675 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$$

$$k^N = \frac{1}{0,675 + 0,071 + 0,043} = 1,27 \text{ W m}^{-2} \text{ K}$$

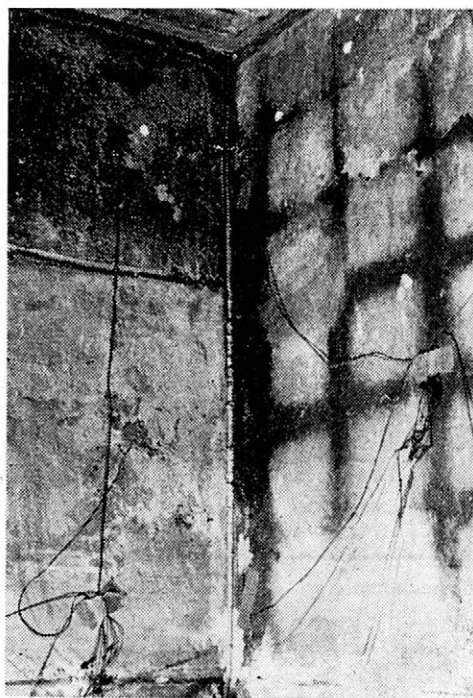
Výsledné hodnoty pre $\varphi_i = 85\%$ a $\nu > 6,9$ sú spracované v tab. II.

Výsledné hodnoty pre $\varphi_i = 85 \%$ a $v < 6,9$						
t_i (K)	t_{ip} (K)	t_{im} (K)	t_e (K)	R^N (m ² K W ⁻¹)	k^N (W m ⁻² K)	
A	5	3,2	2,7	-15	0,675	1,270
	8	6,1	5,6	-15	0,745	1,160
	10	8,1	7,6	-15	0,820	1,070
	15	13,0	12,5	-15	0,951	0,937
B	5	3,2	2,7	-18	0,793	1,100
	8	6,1	5,6	-18	0,859	1,030
	10	8,1	7,6	-18	0,932	0,958
	15	13,0	12,5	-18	1,022	0,880

Obvodové konštrukcie stavieb pre živočíšnu výrobu s ohľadom na teplotný útlm za nestacionárnych teplotných podmienok posudzujeme laboratórnymi metódami a teoretickými výpočtami takto:

- meraním na pokusnom objekte v klimatizačnej komore,
- unikátnym laboratórnym zariadením hydrointegrátor,
- programovaním na samočinných počítačoch,
- približným Škloverovým vzťahom,
- exaktnou metódou výpočtu podľa ČSN 73 3054.

7. Pohľad na tepelné mostíky v stene pokusného objektu konštrukčnej sústavy MKS (montovaná keramická sústava) pri zimnom meraní v klimatizačnej komore — A view of heat bridges in the wall of an experimental building of the construction system Built-up Ceramic Construction (MKS) during winter measurements in an air-conditioning chamber



V ďalšej časti článku uvedieme všetky metódy meraní a výpočtov ako vzor pre konštrukčnú sústavu MKS (montovaná keramická sústava).

TEÓRIA KOMPLEXNÉHO POSÚDENIA OBJEKTŮ PRE ŽIVOČÍŠNU VÝROBU NA POKUSNOM OBJEKTE ZA PRIESTOROVÉHO ŠÍRENIA TEPLA V KLIMATIZAČNEJ KOMORE

Ako sme už uviedli v predchádzajúcej časti článku, za základ posudzovania stavieb z hľadiska tepelnej ochrany a klímy stajní pokladáme modelové merania na pokusných objektoch v klimatizačnej komore. Vychádzame z toho, že zložitost' viacvrstvových alebo sendvičových obvodových konštrukcií a ich systém prefabrikovanej realizácie v praxi zahŕňa mnohé detaily (forma stykov, priesvitné časti, sokly a rímasy), ktoré nie je možné dostatočne presne vyhodnotiť či už teoretickými výpočtami, alebo inými laboratórnymi metódami za podmienok stacionárneho teplotného režimu.

Klimatizačná komora umožňuje základný výskum v každom ročnom období, v neobmedzenom časovom rozpätí a bez ohľadu na vplyv ročných vonkajších pomerov.

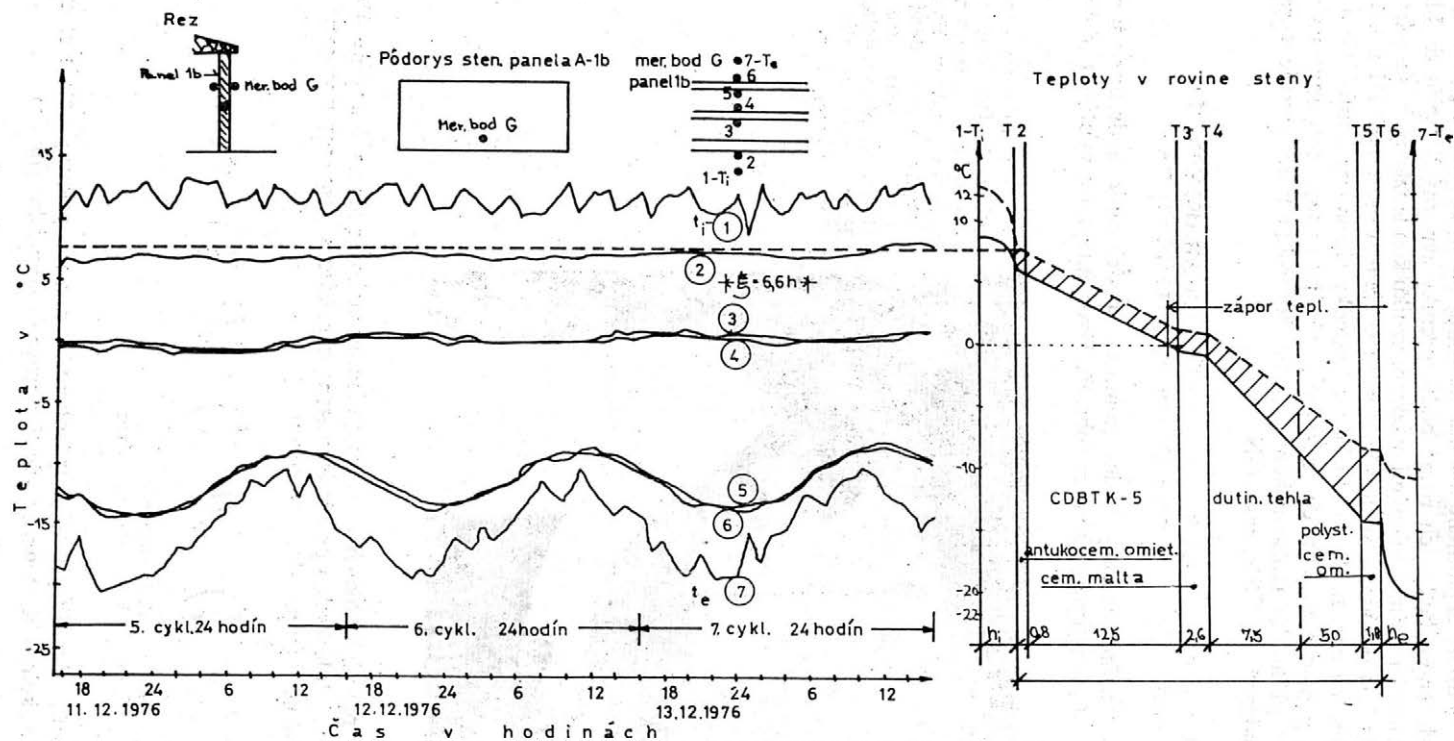
III. Namerané hodnoty v obvodovom stenovom paneli P2 v bode G na pokusnom objekte sústavy MKS (montovaná keramická sústava) za priestorového šírenia tepla v klimatizačnej komore — Values measured in peripheral wall panel P2 at point G in an experimental animal house of the Built-up Ceramic Construction under spatial heat propagation in an air-conditioning chamber

Čas v h	Teploty v rovine steny v bode G sústavy MKS						
	T_i	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_e
16	11,75	7,00	0,75	0,25	-10,00	-10,50	-15,60
17	11,00	7,00	0,75	0,50	-10,25	-10,75	-16,60
18	11,50	7,00	0,75	0,50	-10,75	-11,25	-15,80
19	12,25	7,27	0,75	0,50	-11,25	-12,00	-17,00
20	12,25	7,25	0,75	0,50	-12,00	-12,50	-18,20
21	11,50	7,25	0,75	0,50	-12,25	-13,00	-19,00
22	12,50	7,25	0,75	0,50	-12,75	-13,25	-18,50
23	10,50	7,00	0,75	0,50	-13,00	-13,50	-19,00
24	10,50	7,00	0,50	0,25	-13,25	-13,25	-17,00
1	11,75	7,25	0,50	0,25	-13,00	-13,00	-16,00
2	11,50	7,00	0,50	0,25	-12,75	-13,00	-17,00
3	10,75	7,00	0,25	0,00	-12,50	-12,50	-15,00
4	11,00	6,77	0,25	0,00	-12,00	-12,25	-16,00
5	12,25	7,00	0,25	0,00	-11,50	-11,75	-15,00
6	11,00	7,00	0,25	0,00	-10,75	-11,00	-13,75
7	10,50	6,75	0,25	0,00	-10,25	-10,25	-13,00
8	11,00	6,75	0,25	0,00	- 9,75	- 9,50	-11,25
9	12,00	7,00	0,25	0,00	- 9,25	- 9,25	-12,50
10	12,25	7,00	0,25	0,00	- 9,00	- 9,50	-12,75
11	11,25	6,75	0,25	0,00	- 8,75	- 8,75	-16,00
12	12,50	7,00	0,50	0,25	- 8,50	- 9,00	-12,00
13	12,75	7,00	0,50	0,25	- 8,75	- 9,25	-13,25
14	11,75	7,00	0,50	1,00	- 9,00	- 9,50	-14,00
15	10,75	7,00	0,75	0,25	- 9,50	- 9,75	-13,25
16	11,25	7,00	0,75	0,50	-10,00	-10,25	-13,75

Vyhodnotenie:

$$\nu = \frac{19,0 - 11,25}{7,0 - 6,77} = \frac{7,75}{0,23} = 23,6$$

$\xi_{min} = 7$ hodín, $\xi_{max} = 7$ hodín, $\xi_{pr} = 7$ hodín



8. Chod teplôt, ich zanikanie, fázové oneskorenie teplotných vln a rosný bod v rovine steny MKS v bode G (panel 2b) v piatom a šiestom cykle za zimných nestacionárnych podmienok v klimatizačnej komore — A course of temperatures, their attenuation, phase delay of heat waves and dew point in the plane of the MKS wall at point G (panel 2b) in the fifth and sixth cycle under non-stationary conditions in an air-conditioning chamber

Výsledky meraní je možné spracovať veľmi názornou grafickou metódou, v ktorej sú zahrnuté výsledné hodnoty teplotného útlmu, fázového oneskorenia teplotných vln v ľubovoľnom sledovanom bode, ich rosné body, preniky záporných teplôt do hĺbky obvodových konštrukcií a s nimi spojenými otázkami vzniku kondenzačných zón (obr. 7).

Vzorový príklad na posúdenie stenového panelu je spracovaný v tab. III a celkové grafické zhodnotenie na obr. 8. Tieto objektívne výsledky slúžia pre konfrontáciu výsledkov získaných pomocou unikátnych zariadení (hydrointegrátor, samočinný počítač stroj PDP), ktoré dopĺňujú klimatizačné komory, a pre kontrolu a upresňovanie teoretických výpočtov uvádzaných v ČSN, resp. ON.

TEÓRIA VYŠETROVANIA TEPELNOIZOLAČNÝCH CHARAKTERISTÍK OBVODOVÝCH KONŠTRUKCIÍ POMOCOU HYDROINTEGRÁTORA

Posudzovanie tepelnej ochrany budov pomocou modelovania hydrointegrátorom tvorí unikátnu súčasť klimatizačnej komory (obr. 9). Hydrointegrátor využíva podobnosť



9. Meranie teplotného útlmu a fázového oneskorenia teplotných vln na prístroji Hydrointegrátor — Measurement of heat attenuation and phase delay of heat waves by the hydraulic integrator

priestupu tepla v pevných látkach s procesom laminárneho prúdenia kvapaliny. Proces vedenia tepla v tuhých látkach a proces laminárneho prúdenia kvapaliny v systéme spojených nádob sú dané diferenciálnou rovnicou

$$e \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(b \cdot \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(c \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \Phi(x, y, z, \tau)$$

kde: e, a, b, c — známe funkcie súradníc
 $\Phi(x, y, z, \tau)$ — známa funkcia súradníc a času

Riešenie sa prevádza diferenčným spôsobom. V prípade priestupu tepla rovinnou stenou v smere x , kolmo ku stene, prejde Furierova diferenciálna rovnica

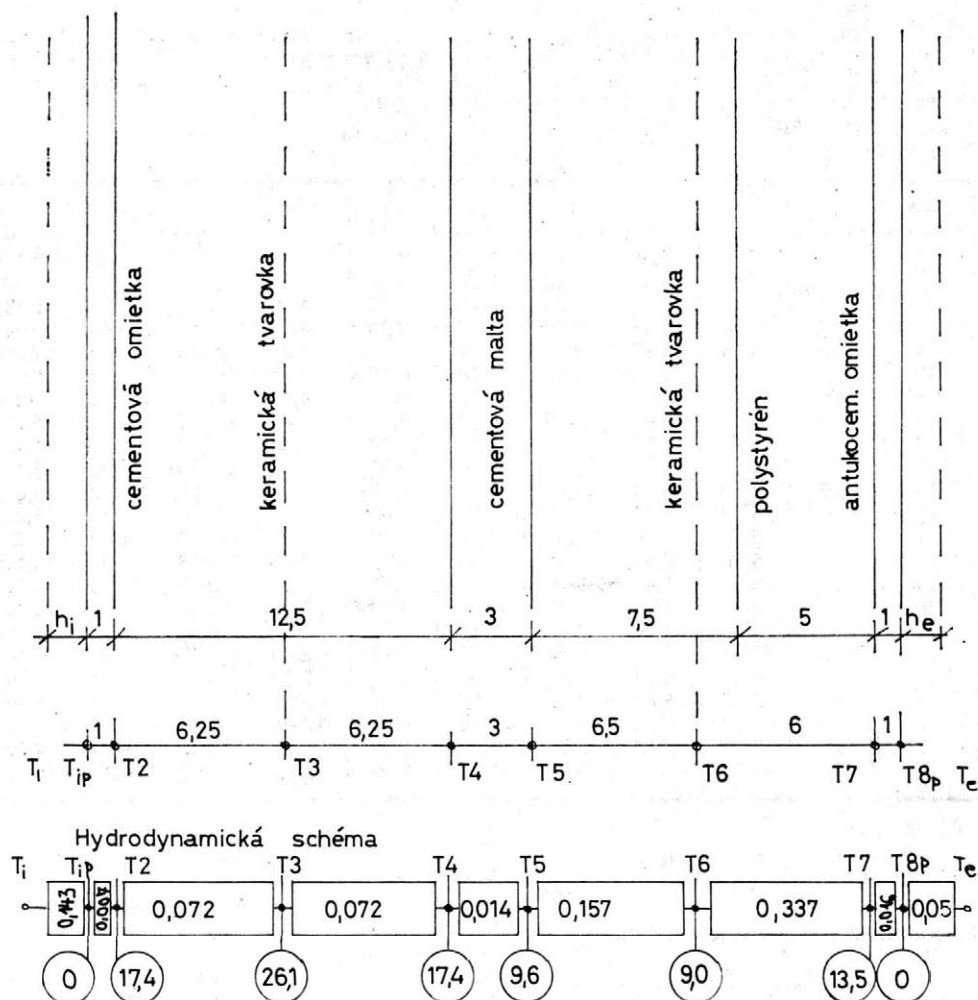
$$\frac{dT}{d\tau} = a \frac{d^2 T}{dx^2} \text{ do diferenčnej rovnice } \frac{\Delta T}{\Delta \tau} = a \frac{\Delta^2 T}{\Delta x^2},$$

Stenový keramický panel sústavy MKS

$$R = 0,716 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_0 = 0,884 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

Rez panelom



kde: sú hodnoty hydrodynamických odporov v $[\text{min}/\text{cm}^2]$

sú priemery kapacitných nádob v $[\text{cm}^2]$

10. Rez stenovým panelom MKS a jemu zodpovedajúca hydroanalogická schéma — A cross-section of the MKS wall panel and the corresponding hydro-analogous diagrams

čiže stenu o danej hrúbke rozdelíme na n elementárnych vrstiev, pričom s rastúcim počtom n rastie aj presnosť výpočtu. Pri posudzovaní obvodovej konštrukcie na teplotný útlm a fázové oneskorenie teplotnej vlny postupujeme tak, že najprv pripravíme program pre hydrointegrátor. Tento pozostáva z označenia konštrukčnej sústavy, z rezu posudzovanej obvodovej konštrukcie s rozdelením na n elementárnych vrstiev a zo zodpovedajúcej hydroanalogickej schémy rezu konštrukcie (obr. 10). Pre sústavu MKS rozdelíme stenu na sedem elementárnych vrstiev (tab. IV).

IV. Exaktné stanovenie teplotného útlmu a fázového oneskorenia teplotných vln v stenovom paneli sústavy MKS pomocou hydrointegrátora v bode G — Exact determination of heat attenuation and phase delay of heat waves in the wall panel of the MKS system by the hydraulic integrator at point G

Teploty v rovine steny T v °C

Nestacionárny stav

Čas	T_i	T_{ip}	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_{8p}	T_e
5	10	5,75	5,45	3,50	1,50	0,70	-3,55	-14,30	-15,20	-18,10
6	10	5,75	5,45	3,50	1,50	0,65	-3,85	-15,10	-16,10	-18,90
7	10	5,75	5,45	3,50	1,45	0,55	-4,00	-15,40	-16,10	-18,35
8	10	5,75	5,45	3,50	1,35	0,50	-4,10	-15,60	-16,40	-18,80
9	10	5,75	5,45	3,40	1,30	0,40	-4,20	-15,20	-15,80	-17,00
10	10	5,70	5,40	3,35	1,25	0,25	-4,15	-14,40	-14,90	-16,00
11	10	5,70	5,40	3,35	1,25	0,35	-4,10	-14,10	-14,90	-16,80
12	10	5,70	5,40	2,35	1,20	0,30	-4,00	-13,65	-14,20	-15,20
13	10	5,65	5,35	3,30	1,20	0,30	-3,90	-13,40	-14,10	-15,90
14	10	5,70	5,40	3,30	1,20	0,35	-3,75	-13,30	-14,00	-15,50
15	10	5,70	5,40	3,30	1,25	0,35	-3,60	-12,85	-13,10	-14,00
16	10	5,70	5,40	3,35	1,30	0,40	-3,50	-12,00	-12,30	-13,20
17	10	5,70	5,40	3,35	1,30	0,40	-3,25	-11,00	-11,00	-11,40
18	10	5,70	5,40	3,35	1,35	0,55	-2,95	-10,55	-11,00	-12,50
19	10	5,70	5,40	3,40	1,40	0,65	-2,80	-10,60	-11,10	-12,70
20	10	5,70	5,45	3,45	1,55	0,75	-2,65	-10,05	-10,30	-10,70
21	10	5,80	5,50	3,50	1,60	0,85	-2,40	-9,80	-10,30	-11,90
22	10	5,80	5,50	3,50	1,70	0,95	-2,40	-10,20	-11,00	-13,30
23	10	5,80	5,55	3,60	1,80	1,00	-2,30	-11,00	-11,70	-14,00
24	10	5,85	5,60	3,70	1,85	1,05	-2,40	-11,20	-11,80	-13,40
1	10	5,90	5,60	3,70	1,85	1,05	-2,45	-11,20	-11,90	-13,70
2	10	5,90	5,65	3,75	1,90	1,10	-2,50	-12,00	-11,30	-16,20
4	10	6,00	5,70	3,80	1,95	1,10	-2,95	-13,60	-14,80	-17,90

Vyhodnotenie:

$$\text{Teplotný útlm } \nu = \frac{18,90 - 10,70}{6,0 - 5,65} = \frac{8,2}{0,35} = 23,4$$

Fázové oneskorenie teplotných vln:

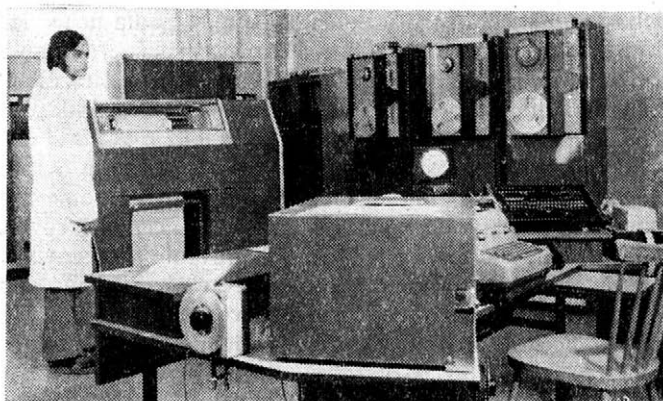
$$\xi_{\max} = 8 \text{ hodín } \xi_{\min} = 7 \text{ hodín, } \xi_{pr} = 7,5 \text{ hodín}$$

TEÓRIA VYŠETROVANIA TEPELNOIZOLAČNÝCH CHARAKTERISTÍK OBVODOVÝCH KONŠTRUKCIÍ SAMOČINNÝM POČÍTAČÍM STROJOM

Výskum tepelnej ochrany stavieb pre živočíšnu výrobu na pokusných objektoch vo veľkej klimatizačnej komore dovoľuje vykonávať dlhodobé a neprerušované meranie aj niekoľko týždňov. Výsledkom merania je potom množstvo nameraných údajov, ktoré je treba spracovať a vyhodnotiť. Preto sa tu s výhodou používajú samočinné počítačové stroje.

Samočinné počítačové stroje sú schopné bez zásahu človeka sledovať určitý predpis

11. Pohľad na samočinný počítač Gier-Algol — A view of electronic computer Gier-Algol



V. Pribeh teplôt v rovne steny konštrukčnej sústavy MKS v bode G, stanovený pomocou samočinného počítača PDP-11 — A course of temperatures in the plane of the MKS wall at point G recorded by electronic computer PDP-11

$R = 0,716 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$; $R_0 = 0,882 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$; $k = 1,134 \text{ Wm}^{-2}\text{K}$

Teploty v rovne steny v °C									
T_i	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_e
10	6,18	5,25	3,70	2,15	1,78	-2,41	-13,23	-13,67	-15,00

Čas v h	T_i	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_e
1	10	6,39	5,50	4,07	2,67	2,33	-1,54	-12,56	-13,16	-15,00
2	10	6,41	5,53	1,08	2,64	2,28	-1,84	-13,71	-14,34	-16,30
3	10	6,41	5,53	4,07	2,57	2,20	-2,19	-14,82	-15,48	-17,50
4	10	6,40	5,52	4,03	2,48	2,08	-2,54	-15,81	-16,47	-18,50
5	10	6,37	5,49	3,97	2,36	1,95	-2,89	-16,63	-17,28	-19,30
6	10	6,33	5,44	3,89	2,23	1,81	-3,21	-17,22	-17,86	-19,80
7	10	6,28	5,38	3,80	2,10	1,66	-3,47	-17,56	-18,16	-20,00
8	10	6,23	5,31	3,70	1,96	1,52	-3,66	-17,58	-18,13	-19,80
9	10	6,17	5,23	3,60	1,84	1,40	-3,76	-17,30	-17,71	-19,30
10	10	6,11	5,16	3,51	1,74	1,30	-3,77	-16,75	-17,18	-18,50
11	10	6,06	5,10	3,43	1,67	1,24	-3,69	-16,97	-16,35	-17,50
12	10	6,01	5,04	3,37	1,63	1,21	-3,52	-15,01	-15,33	-16,30
13	10	5,98	5,00	3,33	1,63	1,22	-3,28	-13,91	-14,18	-15,00
14	10	5,96	4,97	3,32	1,66	1,27	-2,98	-12,76	-12,99	-13,70
15	10	5,96	4,97	3,33	1,73	1,36	-2,63	-11,65	-11,86	-12,50
16	10	5,97	4,98	3,37	1,82	1,47	-2,27	-10,66	-10,86	-11,50
17	10	5,99	5,02	3,43	1,94	1,60	-1,93	-9,84	-10,05	-10,70
18	10	6,03	5,07	3,51	2,07	1,75	-1,61	-9,24	-9,48	-10,20
19	10	6,08	5,13	3,61	2,20	1,90	-1,35	-8,90	-9,17	-10,00
20	10	6,14	5,20	3,71	2,34	2,04	-1,16	-8,98	-9,20	-10,20
21	10	6,20	5,27	3,81	2,46	2,16	-1,06	-9,16	-9,54	-10,70
22	10	6,26	5,34	3,90	2,56	2,25	-1,04	-9,71	-10,15	-11,50
23	10	6,31	5,41	3,98	2,63	2,32	-1,13	-10,49	-10,98	-12,50
24	10	6,36	5,47	4,04	2,67	2,34	-1,29	-11,45	-12,01	-13,70
25	10	6,39	5,51	4,08	2,67	2,33	-1,54	-12,55	-13,16	-15,00

Vyhodnotenie:

$$\text{Teplotný útlm } \nu = \frac{20 - 10}{6,41 - 5,96} = \frac{10}{0,45} = 22,2$$

Fázové oneskorevanie teplotných vln:

$$\xi_{\min} = 7,5 \text{ hodiny, } \xi_{\max} = 8,0 \text{ hodín, } \xi_{pr} = 7,75 \text{ hodiny}$$

alebo program, ktorý je do nich vložený, a podľa neho riadiť svoju prácu rýchlo a bez chýb. Pre náš výpočet obvodovej steny konštrukčnej sústavy MKS sme použili samočinný počítač PDP-11 dovezený z USA (obr. 11). Riešenie úlohy vyžaduje transformáciu problému (diferenciálnej rovnice, logickej operácie, funkcie a pod.) na vhodný aritmetický tvar.

Pre posúdenie steny sústavy MKS použijeme Schmidtovu teóriu: metódou konečných rozdielov, za nestacionárnych teplotných pomerov, ktorá je jednou z najpoužívanejších metód numerického riešenia diferenciálnych rovníc. Výsledok na počítači PDP je spracovaný v tab. V. Nahrádza integrovanie parciálnych diferenciálnych rovníc riešením algebraických rovníc tak, že sa derivácie nahrádzajú podielmi konečných prírastkov. Toto nahradenie nekonečne malých rozdielov rozdielmi konečnými sa zakladá na pripustení možnosti nahradiť plynulý spojité dej dejom po skokoch, a to tak v priestore, ako aj v čase:

$$\frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2}$$

$$\text{kde: } a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$$

V metóde konečných rozdielov diferenciálnu rovnicu nahradzujeme rovnicou v konečných rozdieloch:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = a \frac{\Delta^2 T}{\Delta x^2}$$

kde: T — teplota v °C
 t — čas v h

VÝPOČET TEPELNÉHO ÚTLMU STENOVÉHO PANELU SÚSTAVY MKS PODLA PRIBLIŽNÉHO ŠKLOVEROVHO VZŤAHU BEZ UVAŽOVANIA TENKÝCH VRSTVIEV

Najprv sa musíme výpočtom presvedčiť, či je splnené požadované kritérium, t. j. $\Sigma D > 1,5$. Výsledky výpočtu súčiniteľov tepelnej pohltivosti stavebných látok v jednotlivých vrstvách $s = 0,00853 \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}$ a charakteristiky tepelnej zotrvačnosti jednotlivých vrstiev $D = R \cdot s$ dokazujú v tab. VI, že požadované kritérium je splnené.

VI. Súhrn výpočtov súčiniteľov tepelnej pohltivosti stavebných látok, tepelného odporu a tepelnej zotrvačnosti stenového panelu sústavy MKS pre stanovenie tepelného útlmu a fázového oneskorovania teplotných vln podľa približného Škloverovho vzťahu — A sum of computations of the coefficients of heat absorption capacity in building materials, thermal resistance and thermal inertia of the wall panel of the Built-up Ceramic Construction to determine heat attenuation and phase delay of heat waves according to the approximate relationship after Šklover

Posudzované vrstvy	Súčiniteľ tepelnej pohltivosti s (W m ⁻² K)	Tepelný odpor R (m ² K W ⁻¹)	Tepelná zotrvačnosť D (—)
1. tehlová tvárnica	11,33	0,124	1,41
2. cementová malta	14,92	0,018	0,27
3. dutinová tehla	8,08	0,097	0,78
4. polystyrén	0,48	0,448	0,22

$$\Sigma D = 2,68 > 1,5$$

teplotný útlm $\nu = 19,48$

teplotný útlm bez uvažovania tepelnej jímavosti $\nu' = \alpha_i, R_o$

$\nu' = 8,0,884 = 7,07$

$\nu' = 7,07 < \nu = 19,48$; Škloverov vzťah platí

fázové oneskorenie teplotných vln $\xi = 6,19$ h

Ako vyplynulo z príkladu, približnú Škloverovu metódu môžeme použiť pre výpočet teplotného útlmu a fázového oneskorenia teplotných vln obvodových konštrukcií len vtedy, keď hodnota tepelnej zotrvačnosti konštrukcie $\Sigma D \geq 1,5$. V opačnom prípade sa musí výpočet urobiť pomocou laboratórnych meraní alebo pomocou exaktnej metódy podľa ČSN 73 3054.

VÝPOČET TEPLOTNÉHO ÚTLUMU EXAKTNOU METÓDOU PODĽA ČSN

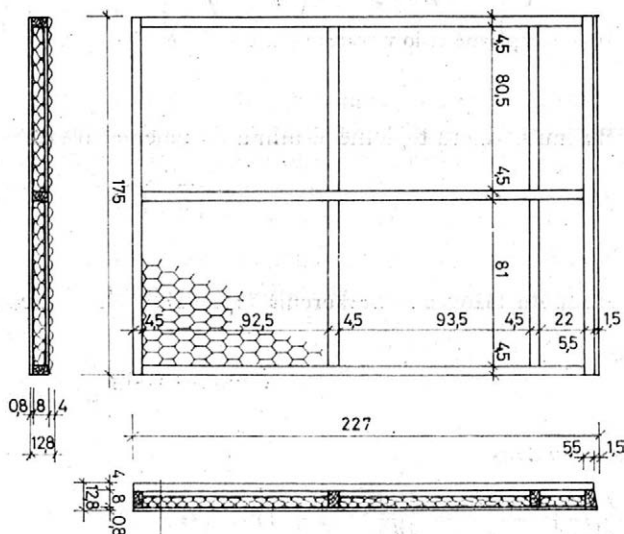
Pri teplotníckom posudzovaní obvodových konštrukcií budov sa v praxi často vyskytujú nedostatky v tom smere, že sa pre výpočet teplotného útlmu používa iba približná Škloverova metóda. Táto metóda však platí len v takých prípadoch, keď suma tepelnej inercie konštrukcie je rovná, alebo väčšia ako 1,5 ($D \geq 1,5$). Ak tomu tak nie je, potom približná Škloverova metóda neplatí a dosiahnu sa výpočtom chybné výsledky. Vzhľadom na skutočnosť, že uvedená požiadavka nevyhovuje spravidla vždy u konštrukčných sústav s ľahkými obvodovými pláštmi, uvedieme príklad pre posúdenie ľahkého stenového panelu sústavy DHA (drevená hala Agroprogres). Skladba a zaradenie stavebných látok do ľahkého stenového panelu sa uvádza v pohľade v reze na obr. 12 a ich fyzikálna charakteristika v tab. VII.

$$\alpha_i = 8,140 \text{ W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_i = 0,123 \text{ m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K W}^{-1}$$

$$\alpha_e = 15,200 \text{ W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_e = 0,066 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{K W}^{-1}$$



12. Stenový panel konštrukčnej sústavy DHA použitý na pokusnom objekte v klimatizačnej komore – A wall panel of the DHA construction system used in an experimental building in an air-conditioning chamber

vinitý hliníkový plech	0,1 cm
vzduchová medzera	37 cm
drôt. sieť so 6 uhol. okami 15×0,8 hr.	0,1 cm
čadičová vata	8 cm
smreková vodostála preglejka	0,8 cm
dikoplast	0,1 cm

VII. Použité vrstvy stavebných látok a tepelnotechnické hodnoty použité vo výpočte – Layers of building materials and thermo-technological quantities used in the computation

Vrstva	d (m)	λ (W m ⁻¹ °K)	c (Ws kg ⁻¹ °K)	ρ (kg m ⁻³)	$\frac{s_{24}}{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ $8,52 \cdot 10^{-3}$	R (m ² °K W ⁻¹)	$D = \frac{d}{\lambda} \cdot s_{24}$
Preglejka	0,008	0,198	2510	600	4,581	0,042	0,191
Čadičová vata	0,08	0,052	920	150	0,722	1,538	1,111

$$\Sigma D = 1,302 < 1,5$$

Vzťah pre výpočet teplotného útlmu v dvojvrstvovej konštrukcii

$$\bar{\Theta}_2 = V \left[ch \left(\frac{\bar{s}_2}{2} \cdot d_2 \right) + \frac{\bar{s}_2}{e} sh \left(\frac{\bar{s}_2}{2} \cdot d_2 \right) \right] + \frac{s_1}{s_2} \cdot V \left[sh \frac{\bar{s}_2 \cdot d_2}{2} + \frac{\bar{s}_2}{e} \cdot ch \left(\frac{\bar{s}_2}{2} \cdot d_2 \right) \right]$$

$$\text{kde: } \bar{s} = \sqrt{i} \cdot s = \frac{s}{\sqrt{2}} (i + 1)$$

i – imaginárna jednotka

$$U = ch \left(\frac{\bar{s}_1}{1} \cdot d_1 \right) + \frac{\alpha_i}{s_1} \cdot sh \left(\frac{\bar{s}_1}{\lambda_1} \cdot d_1 \right)$$

$$V = sh \left(\frac{\bar{s}_1}{\lambda_1} \cdot d_1 \right) + \frac{\alpha_i}{s_1} \cdot ch \left(\frac{\bar{s}_1}{1} \cdot d_1 \right)$$

$\bar{\Theta}$ – komplexné číslo v tvare: $\bar{\Theta} = a + i \cdot b$

Reálnu hodnotu teplotného útlmu dostaneme zo vzťahu

$$v = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Hodnotu fázového oneskorenia teplotných vln (v hodinách) dostaneme zo vzťahu

$$\xi = 3,82 \operatorname{arctg} \frac{b}{a}$$

Pomocné vzťahy

$$x = \frac{s \cdot d}{\lambda \sqrt{2}}; \quad \frac{\bar{s} \cdot d}{x} = \frac{s \cdot d}{\lambda \sqrt{2}} \cdot (i + 1) = x (i + 1)$$

$$\operatorname{sh} x (i + 1) = \operatorname{sh} x \cdot \cos x + i \cdot \operatorname{ch} x \sin x$$

$$\operatorname{ch} x (i + 1) = \operatorname{ch} x \cdot \cos x + i \cdot \sin x \cdot \operatorname{sh} x$$

Vrstva	$x = \frac{s \cdot d}{\lambda \sqrt{2}}$	$\sin x$	$\cos x$	$\operatorname{sh} x$	$\operatorname{ch} x$	$\operatorname{sh} x (i + 1)$	$\operatorname{ch} x (i + 1)$
Preglejka	0,135	0,135	0,991	0,135	1,009	$0,134 + i \cdot 0,136$	$1 + i \cdot 0,018$
Čadičová vata	0,786	0,708	0,707	0,869	1,325	$0,614 + i \cdot 0,938$	$0,937 + i \cdot 0,615$

Pre výpočet teplotného útlmu ν a fázového oneskorenia teplotných vln ξ sú výsledky stavebných látok spracované v tab. VIII.

$$U = 1 + i \cdot 0,18 + \frac{8,14 \cdot \sqrt{2} (1 + i)}{2 \cdot 4,581} (0,134 + i \cdot 0,136)$$

$$U = 1,339 + i \cdot 0,0205$$

$$V = 0,134 + i \cdot 0,136 + 1,256 (1 - i) (1 + i \cdot 0,018)$$

$$V = 1,413 - i \cdot 1,097$$

$$\bar{\theta}_2 = (1,339 + i \cdot 0,0205) \cdot [0,937 + i \cdot 0,615 + 0,034 (i + 1) \cdot (0,614 + i \cdot 0,938)] + \\ + 6,345 (1,413 - i \cdot 1,097) \cdot [0,614 + i \cdot 0,938 + 0,034 \cdot (i + 1) \cdot (0,937 + \\ + i \cdot 0,615)]$$

$$\bar{\theta}_2 = 1,339 + i \cdot 0,0205 \cdot 0,926 + i \cdot 0,70 + 6,345 \cdot 1,413 - i \cdot 1,097 \cdot 0,625 + \\ + i \cdot 0,991$$

$$\bar{\theta}_2 = 13,898 + i \cdot 5,424$$

$$\nu = \sqrt{193,15 + 29,42} = 14,92$$

$$\xi = 3,82 \arctg \frac{5,424}{13,898} = 3,82 \cdot 0,372 = 1,42 \text{ h}$$

Ako vyplynulo z príkladu, bolo dokázané, že ľahká obvodová stena konštrukčnej sústavy DHA má tepelnú zotrvačnosť $\Sigma D < 1,5$, a preto pre výpočet teplotného útlmu a fázového oneskorenia teplotnej vlny nevyhovuje približná Škloverova metóda. Z riešeného príkladu súčasne vyplýva, že použitie exaktnej metódy je náročné na výpočty, a preto aj v tomto prípade je výhodné použiť samočinné počítacie stroje.

Pretože sme v tejto kapitole sledovali možnosti základného výskumu pre komplexné tepelnotechnické posudzovanie stavieb veľkokapacitných stajní, uvádzame všetky výsledky ν a ξ ako vzor pre možnosti našej konfrontácie o hodnovernosti a atestácii v tab. IX. Ako posledná fáza výskumu s možnosťou konfrontácie nameraných a napočítaných výsledkov v laboratóriách sú experimentálne merania v objektoch v prevádzke.

ZÁVER

Prudký vývoj v poľnohospodárskej investičnej výstavbe a neustále zavádzanie nových stavebných látok do progresívnych obvodových konštrukcií, ktoré vyrába náš stavebný priemysel, si zasluhuje zvýšenú pozornosť už pri navrhovaní a tepelnotechnickom posudzovaní budov. V minulom období prax potvrdila, že zanedbanie bioklimatických požiadaviek zvierat na ustajnenie, ktoré sa viažu na tepelnú ochranu budov a ich

IX. Súhrn nameraných a vypočítaných výsledkov teplotného útlmu a fázového oneskorovania teplotných vln v obvodových konštrukciách nových sústav — A sum of measured and calculated quantities of heat attenuation and phase delay of heat waves in the peripheral structures of new constructions

Konštrukčná sústava	Stanovenie výsledku	Obvodová stena		Strešný plášť	
		teplotný útlm ν bez rozmeru	fázové oneskorovanie teplotných vln ξ_s v hodinách	teplotný útlm ν bez rozmeru	fázové oneskorovanie teplotných vln ξ_s v hodinách
MKS (montovaná keramická sústava)	v klimatizačnej komore hydrointegrátorom počítačom PDP-11 približným Škloverovým vzťahom	23,60	7,00	—	—
		23,40	7,50	—	—
		23,20	7,00	—	—
		19,50	6,20	64,52	10,01
DHA (Drevené haly Agroprogres)	v klimatizačnej komore hydrointegrátorom počítačom PDP-11 výpočtom exaktnou metódou ČSN	16,00	1,50	17,00	2,50
		15,80	1,50	21,80	2,50
		15,50	1,50	17,50	2,50
		14,92	1,42	18,10	1,95
PUMS (Poľnohosp. univ. sústava)	približným Škloverovým vzťahom	17,06	1,51	34,33	4,20
CMS (Celomontovaná sústava)	približným Škloverovým vzťahom	42,81*	7,80	29,76	5,99

Poznámka: * Stenový panel so sypaným perlitom

klimu, sa nevypláca. To viedlo často k tomu, že sa stavali aj nové „havarijné“ stavby, ktoré narobili nášmu národnému hospodárstvu značné škody. V záujme vylúčenia výstavby nekvalitných objektov v praxi sa v Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave vybudovali kvalitne vybavované laboratória, v ktorých je možné robiť komplexný základný výskum a posudzovať vyvíjané nové konštrukčné sústavy objektov pre živočíšnu veľkovýrobu aj pri zložitých tepelnotechnických problémoch v dostatočnom predstihu pred ich realizáciou v praxi.

Okrem základného výskumu, ktorý sa robí v priebehu nových konštrukčných sústav objektov ešte v čase ich projektovej prípravy, požaduje sa aj druhotný výskum vo forme experimentálnych meraní. Experimentálne merania sa robia vo vyvinutých sústavách objektov, ktoré sa už realizovali v praxi a sú v prevádzke.

Význam týchto meraní spočíva najmä v tom, že sa sledujú také činitele, ktoré nevieme dostatočne a vierohodne simulovať v laboratórnych podmienkach. Sú to otázky vetracích systémov, obsah škodlivých prímies v stajňovom ovzduší (CO_2 , NH_3 , H_2S), prašnosť, prevádzková vlhkosť a pod.

V príspevku sme sa podrobnejšie zaoberali základnými problémami tepelnej ochrany budov pre živočíšnu veľkovýrobu za stacionárnych a nestacionárnych podmienok. V druhom príspevku poukážeme na metodiku, vyhodnotenie a význam experimentálnych meraní stavieb v prevádzkových podmienkach.

Uvedený postup pri navrhovaní, posudzovaní a experimentálnom vyhodnotení veľkokapacitných stavieb pre živočíšnu výrobu sa pokladá za správny, lebo vytvára najlepšie záruky pre ďalšie zdokonalenie a skvalitnenie prác v poľnohospodárskej investičnej výstavbe.

Literatúra

- CSN 72 7012. Stanovení tepelné vodivosti metodou Poensgenovou. Praha 1963.
CSN 73 0540. Tepelné technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Praha 1968.
CSN 73 Tepelné technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. — Stá-jové objekty. Praha 1978 (revidovaná).
CSN 73 3054. Tepelné technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov. Výpoč-tové metody, názvosloví, požadavky a kritéria, vlastnosti materiálu a vlastnosti s nimi související. Praha 19...
SNiP II-A. 7-62. Strojitelnaja teplochnika, normy projektirovania. Moskva 1964.

Došlo dňa 29. 6. 1978

ЯНАЧ, К. (Институт строительства и архитектуры, Братислава): Оценка тепловых свойств по-строек для животноводства. Земѣд. Techn., 25, 1979 (7) : 417-438.

Новые конструкционные системы для животноводства с многослойными или двухслойными внешними ограждающими конструкциями оцениваются на основе теплотехнических расче-тов, на основе стационарной кривой температур согласно требованиям ЧСС и ОС. Затухание температур и фазовое замедление температурных волн в периметральных конструкциях исследуются в нестационарных температурных условиях при помощи модельного измерения в камерах для кондиционирования воздуха, или при помощи гидроинтегратора и сопоставляются с результатами точных расчетов на электронно-вычислительных машинах. Со-поставление результатов теоретических и лабораторных работ оканчивается с достаточным опережением перед их применением на практике, так что исключается возможность строи-тельства т. н. новых аварийных построек.

многослойная внешняя ограждающая конструкция; двухслойная внешняя ограждающая конструкция; кривая температур; затухание температур; фазовое замедление температурных волн; камера для кондиционирования воздуха; гидроинтегратор

JANÁČ, K. (Institute of Building and Architecture, Bratislava): Assessment of the Thermal Properties of Buildings in the Large-scale Animal Production. Zemѣd. Techn., 25, 1979 (7) : 417-438.

New structural systems of buildings in the animal production, with multi-layer or sandwich jackets, are assessed by means of thermo-technical calculations and the results are evaluated under stationary temperature conditions according to Czecho-slovak State Standards and enterprise standards. Heat attenuation and phase delay of the heat waves in the circumferential structures are experimentally verified under non-stationary temperature conditions by help of model measurements in an air-conditioning chamber, or by means of a hydrointegrator, and are confronted with the results of exact computations obtained from computers. Confrontation of the results of laboratory and theoretical work is completed with sufficient headway before practical application, which eliminates a possibility of constructing so-called endangered buildings.

multi-layer jacket; sandwich jacket; stationary and non-stationary temperature course; heat attenuation; phase delay of heat waves; air-conditioning chamber; hy-dro-integrator

JANÁČ, K. (Institut für Bauwesen und Architektur, Bratislava): Beurteilung der Wärmeigenschaften von Bauten für die tierische Großproduktion. Zemѣd. Techn., 25, 1979 (7) : 417-438.

Neue Konstruktionssysteme der Bauten für die tierische Produktion mit der Mehr-schicht- oder Verbundstoffummantelung werden anhand der wärmetechnischen Be-

rechnungen beurteilt und die Ergebnisse werden auf der Ebene der Beurteilung vom ortsfesten Temperaturverlauf entsprechend den Forderungen von ČSN und ON (tschechoslowakischen Staatsstandards und Fachbereichsstandards) ermittelt. Die Temperaturdämpfung und Phasenverzögerung der Temperaturwellen unter den nicht stationären Temperaturbedingungen mittels der Modellmessungen im Klimakammer oder mit dem Hydrointegrator werden überprüft und den Ergebnissen von Exaktberechnungen auf EDV-Anlagen gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse von theoretischen und Laborarbeiten werden in ausreichendem Vorlauf vor der Praxis abgeschlossen und schließen die Möglichkeit des Aufbaus von s. g. neuen Havariebauten aus.

Mehrschichtummantelung; Verbundstoffummantelung; stationärer und nichtstationärer Temperaturverlauf; Temperaturdämpfung; Phasenverzögerung der Temperaturwellen; Klimakammer; Hydrointegrator

Adresa autora:

Doc. ing. Karol J a n á č, CSc., Ústav stavebníctva a architektúry, Dúbravská cesta 9, 885 46 Bratislava

K. Kutev, J. Celba

KUTEV, K. — CELBA, J. (Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha): *Elektrický kalorimetr pro měření měrného tepla*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 439-448.

Popisujeme konstrukci jednoduchého elektrického kalorimetru, při níž jsme přihlíželi především ke snadné realizaci. Přístroj pracuje na principu dávkování přesného množství tepla odporovým drátem napájeným z nízkonapětového stejnosměrného zdroje. Oteplení vzorku je možné měřit termočlánkem nebo přesným rtuťovým teploměrem. Přístroj umožňuje přímé měření měrného tepla kapalin, u pevných látek je nutno využít známého aditivního pravidla. Ověřovali jsme funkci přístroje s destilovanou vodou a lékopisným glycerinem. Dále jsme měřili měrné teplo sterilovaného hrášku s různým obsahem sušiny a dva druhy glyptalových pryskyřic. U sterilovaného hrášku jsme vypočítali entalpii v rozsahu teplot 0 až +60 °C a porovnávali s údaji z literatury.

elektrický kalorimetr; měrné teplo sterilovaného hrášku; měrné teplo glyptalových pryskyřic; entalpie sterilovaného hrášku

Jakýkoliv návrh tepelně technického zařízení nebo tepelného procesu není možný bez dostatečných znalostí tepelných vlastností jak konstrukčních materiálů navrhovaného zařízení, tak i vlastností materiálů na tomto zařízení zpracovávaných. Význam těchto znalostí je o to větší, uvažíme-li neustálý vývoj nových konstrukčních materiálů, šlechtění nových odrůd zemědělských plodin, inovace a zavádění kvalitativně nových potravinářských výrobků apod., i zavádění nových progresivních technologií ve výrobě. V dnešní zemědělské praxi je třeba znát např. vlastnosti různých suspenzí řezané slámy, nově připravovaných krmiv, bílkovinných šťáv získaných z pícnin atd. Je stále důležitější důsledně využívat různé potravinářské odpady ve formě krmiv i odpadů ze zemědělské (např. živočišné) výroby. V poslední době se navíc ve všech oblastech stále více zdůrazňují energetická hlediska. To vše vyžaduje nepřetržitě doplňovat dosud známé — v mnoha oborech již tabelované — hodnoty tepelně fyzikálních vlastností materiálů hodnotami novými.

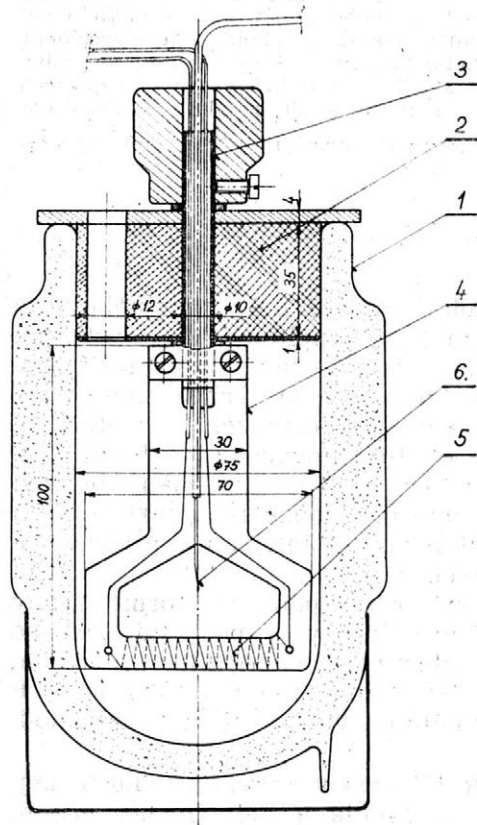
Ze všech tepelných vlastností materiálů má v mnoha případech největší význam měrné teplo. Ve snaze o rychlé a jednoduché, přitom

však dostatečně přesné určení hodnot měrného tepla jsme v rámci výzkumu fyzikálních vlastností potravin zkonstruovali a prakticky ověřili jednoduchý kalorimetr. Hlavním našim požadavkem bylo jednoduché a materiálově nenáročné uspořádání a možnost rychle získat požadované hodnoty.

PRINCIP A KONSTRUKCE PŘÍSTROJE

Pro měření měrného tepla jsme zvolili absolutní metodu ohřátí vzorku známým množstvím tepla. Hledanou hodnotu měrného tepla lze pak vypočítat z množství vzorku, předem stanovené vodní hodnoty kalorimetru a z rozdílu teplot vzorku před dodáním tepla a po něm. Protože se současně se vzorkem ohřeje také všechny součásti, které jsou s ním ve styku, bylo naší snahou dosáhnout již při vlastní konstrukci přístroje co nejnižší vodní hodnoty kalorimetru. Naší snahou bylo rovněž umožnit měření v co nejkratším čase s minimálním ohřátím, aby citlivost přístroje byla co nejvyšší.

Elektrický kalorimetr (obr. 1) se skládá ze skleněné Dewarovy nádoby (1) o obsahu 750 ml, uzavřené korkovou zátkou (2) zpevněnou pertinaxovými čely. Zátkou prochází dutý hřídel (3) nesoucí míchadlo (4) ve tvaru plochého pertinaxového rámečku o tloušťce 4 mm, na



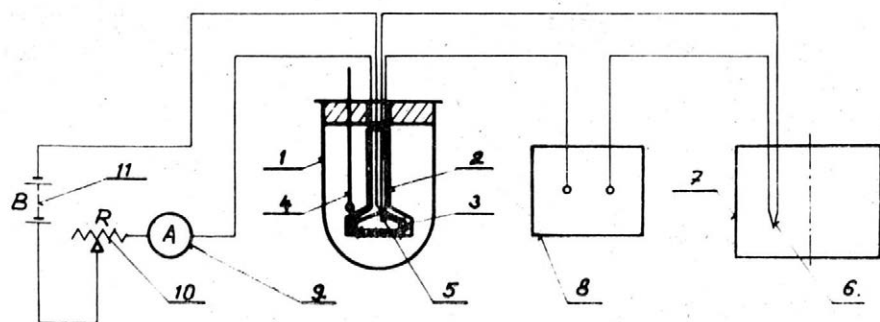
1. Elektrický kalorimetr pro měření měrného tepla — Electric calorimeter for measuring specific heat

jehož spodní části je navinut topný konstantanový drát (5) (ϕ 0,25 mm s celkovým odporem 10,6 Ω). K rámečku je také připevněn měřicí konec termočlánku (6). Vývody tohoto termočlánku a topného drátu procházejí dutým hřídelem (3) míchadla. Pro měření teploty vzorku v nádobě může být navíc použit i rtuťový desetinný teploměr, procházející zátkou s otvorem o průměru 12 mm. Ohřívání vzorek lze míchat buď ručně nebo elektromotorkem jednoduchým klikovým mechanismem, přičemž v obou případech míchadlo koná pouze kývavý rotační pohyb kolem své osy.

Vzhledem k tomu, že se v praxi kalorimetr používá pro nejrozličnější kapaliny, které jsou v mnoha případech i chemicky agresivní, je nutné chránit elektrické části přístroje, tj. topný drát, termočlánek, vodiče a spoje, proti těmto vlivům. V našem případě se nejlépe osvědčil nátěr dvousložkovým epoxydovým lakem.

MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PŘESNOSTI PŘÍSTROJE

Celkové uspořádání měřicího zařízení je znázorněno na obr. 2. Vlastní měření probíhá tak, že se odměřený vzorek (volili jsme obsah 250 ml) nalije do nádoby, která se uzavře zátkou. Za mírného míchání se sleduje termočlánek (5,6) na registračním přístroji (8) ustálení teploty vzorku. Po vytemperování se zapne topný proud, který se reguluje odporem (10) a kontroluje ampérmetrem (9) (volili jsme proud 0,5 A po dobu 158 s, abychom dosáhli 418,7 J (100 cal) přiváděného tepla). Po dodání tepla se pokračuje v mírném míchání až se ustálí výchylka registračního přístroje (8). Z ustálených teplot před zapnutím topného proudu a po jeho vypnutí se počítá oteplení vzorku.



1- DEWAROVA NÁDOBA

2- MÍCHADLO

3- TOPNÝ DRÁT

4- TEPLMĚR

5- MĚŘICÍ KONEC TERMOČLÁNKU

6- SROVNÁVACÍ KONEC TERMOČL.

7- TERMOSTAT

8- REGISTRAČNÍ PŘÍSTROJ

9- AMPÉRMETR

10- REG. ODPOR

11- BATERIE

2. Schéma uspořádání měření měrného tepla — Block diagram of the electric calorimeter

Tepelná bilanční rovnice pro tento případ má tvar

$$Q_{\text{dod}} = Q_v + V_k \quad (\text{J})$$

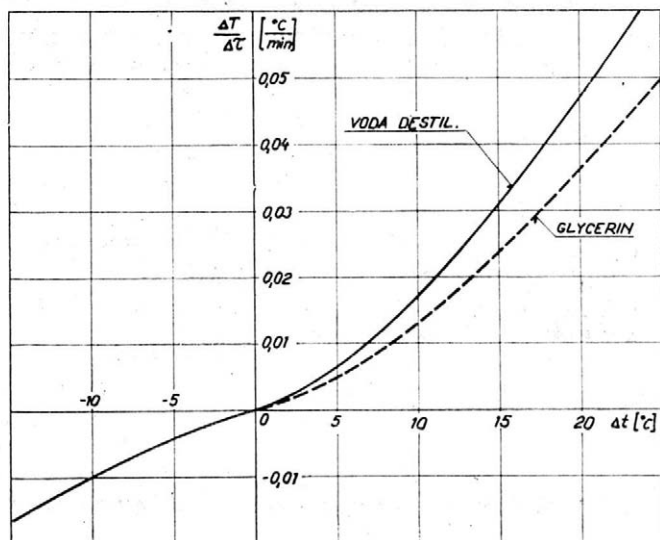
kde: Q_{dod} — celkové dodané množství tepla do kalorimetru

Q_v — teplo spotřebované na ohřátí vzorku

V_k — vodní hodnota kalorimetru (teplo spotřebované na ohřátí všech částí kalorimetru, které jsou ve styku se vzorkem, a na ztráty tepla do vzduchu nad vzorkem)

Velikost vodní hodnoty obecně není stálá a je závislá na rozdílu teplot uvnitř a vně kalorimetru. Její hodnotu jsme stanovili experimentálně měřením destilované vody a pro teploty vzorku shodné nebo jen málo odlišné od teploty okolí (pro rozdíl teplot zhruba do 10 K) lze s dostatečnou přesností považovat za konstantní o hodnotě 119,3 J K⁻¹ (28,4 cal K⁻¹). Pro větší rozdíly teplot je již třeba s vlivem sdílení tepla mezi vzorkem a okolím počítat a naměřenou hodnotu oteplení korigovat, jak je uvedeno dále.

Ztrátu tepla v kalorimetru mezi vzorkem a okolím lze korigovat graficky nebo početně známými metodami, které uvádí např. Horák (1958). Tento způsob je vhodný zejména pro malý počet měření. V případech, kdy zjišťujeme měrné teplo např. většího počtu roztoků jedné kapaliny při různých koncentracích, nebo kdy tato kapalina představuje teplosměnné prostředí pro měření měrného tepla nerozpustné pevné fáze, je vhodné sestavit předem korekční diagram dané kapaliny a z něho pak odečítat příslušnou korekci přímo.



3. Průběh sdílení tepla mezi vzorkem a okolím — Course of heat transmission between the specimen and ambient environment

Takový diagram je pro destilovanou vodu a glycerin uveden na obr. 3. Na něm je znázorněn průběh sdílení tepla mezi vzorkem a okolím v rozmezí celého intervalu teplot, ve kterém bude zjišťováno měrné teplo kapaliny. Každý bod grafu byl získán registrací chladnutí nebo oteplování (dále jen chladnutí) vzorku vlivem okolí stejně jako při vlastním měření, tj. za neustálého míchání vzorku, ovšem bez ohřevu.

Průběh ochlazování vzorku při určitém teplotním rozdílu $\Delta t = t_{\text{vzorku}} - t_{\text{okolí}}$ byl považován v krátkém časovém úseku několika minut za lineární, a bylo tedy možné stanovit jeho gradient $(\Delta t / \Delta \tau)$ v závislosti na Δt . Stanovená závislost potom sloužila jako korekce na ochlazování vzorku během měření opět za předpokladu, že v tomto časovém intervalu je časový gradient sdílení tepla konstantní pro střední teplotu t , která leží uprostřed daného intervalu měření. Vzhledem k poměrně malému úbytku tepla ze vzorku i při vyšších rozdílech teplot Δt lze předpoklad, že průběh sdílení tepla je lineární, považovat za oprávněný; experimentální stanovení měrného tepla glycerinu tímto způsobem jej rovněž potvrdilo.

Pomocí takto stanoveného průběhu sdílení tepla mezi vzorkem a okolím můžeme tedy přesně stanovit správný rozdíl teplot před měřením a po něm.

$$\Delta t_{sk} = \Delta t + \left(\frac{\Delta t}{\Delta \tau} \right) \cdot \tau$$

kde: Δt_{sk} — rozdíl teplot před měřením a po něm, korigovaný na sdílení tepla, tj. střední korigované oteplení vzorku

$\Delta t / \Delta \tau$ — korekce na sdílení tepla mezi vzorkem a okolím (časový gradient teploty)

Δt — rozdíl teplot naměřený na registračním přístroji

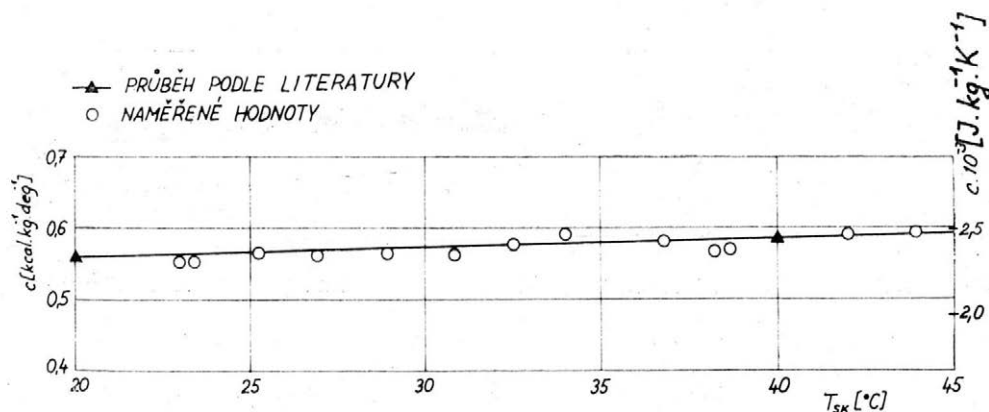
τ — doba měření pro střední teplotu vzorku

$$t_{stř} = t_p + \frac{1}{2} \Delta t_{sk}$$

kde: $t_{stř}$ — korigovaná střední teplota měření

t_p — počáteční teplota vzorku před zapnutím žhavicího proudu

Po stanovení těchto základních parametrů jsme ověřili funkci přístroje měřením měrného tepla glycerinem jako etalonu. Použili jsme lékopisného glycerinu ($C_3H_8O_3$) vyrobeného n. p. Lachema, o molekulové hmotnosti 92,10. Měřili jsme v rozsahu teplot $+20$ až $+45$ °C; namě-



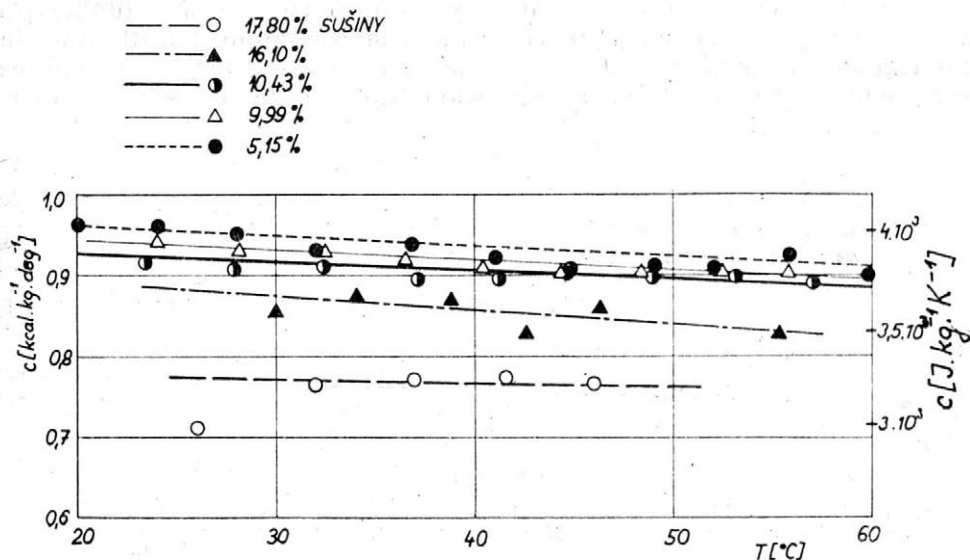
4. Závislost měrného tepla glycerinu na teplotě — Dependence of specific heat of glycerine on temperature

řené hodnoty jsou znázorněny na obr. 4. Z grafu je patrná velmi dobrá shoda naměřených hodnot s údaji z literatury (Bláha, 1958); maximální odchylka byla při teplotě 38 °C a činila -2,5 % literárního údaje.

MĚRNÉ TEPLA STERILOVANÉHO HRÁŠKU

K měření měrného tepla potravin jsme zvolili sterilovaný hrášek ve slané nálevu, velikost nad 9,5 mm, podle ÚNK 56 92 04, výrobek Středočeské Fruty, n. p. Mochov, závod 05 — Vojkovice u Kralup n. Vlt. Výrobce doporučuje používat tento hrášek v kuchyňské úpravě jako čerstvou zeleninu. Hrášek jsme zvolili proto, že se jedná o potravinu, která v předpokládaném teplotním pásmu +20 až +60 °C nevykazuje endotermickou ani exotermickou reakci, je bez tuků a má poměrně velké množství nálevu. Hrášek je také zelenina, o jejíž tepelně-fyzikálních vlastnostech existují v literatuře některé údaje (Riedel, 1949). Kromě toho je možné rovněž zkontrolovat správnost naměřených hodnot měrného tepla hrášku výpočtem s pomocí aditivního pravidla (Vodoginskij, 1937).

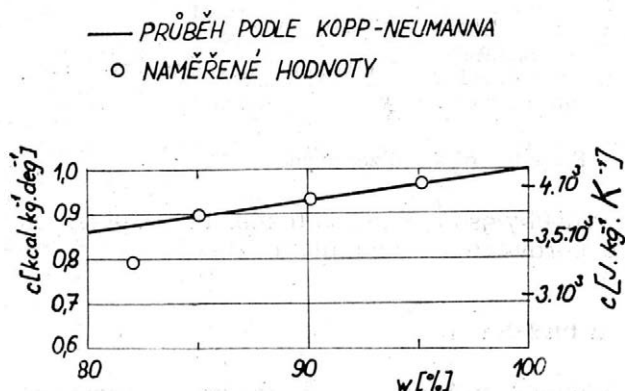
Pro zajištění opakovatelnosti měření a pro přesné definování vzorků jsme se rozhodli standardně používat 11 vzorků s hmotnostním poměrem nálev — hrášek: 10—0, 9—1, 8—2, 7—3, 6—4, 5—5, 4—6, 3—7, 2—8, 1—9, a 0—10. Pro každý poměr jsme stanovili celkovou sušinu. Vzorek č. 1 (samotný nálev) obsahuje pouze rozpustnou sušinu. U ostatních vzorků se vyskytuje také sušina nerozpustná ve vodě. Objem vzorku byl vždy 250 ml. Hmotnost vzorků byla různá v závislosti na poměru obou komponent. Měrná hmotnost samotného hrášku byla 1070 kg m⁻³, samotného nálevu 1011 kg m⁻³.



5. Měrné teplo sterilovaného hrášku v závislosti na teplotě — Specific heat of sterilized peas in dependence on temperature

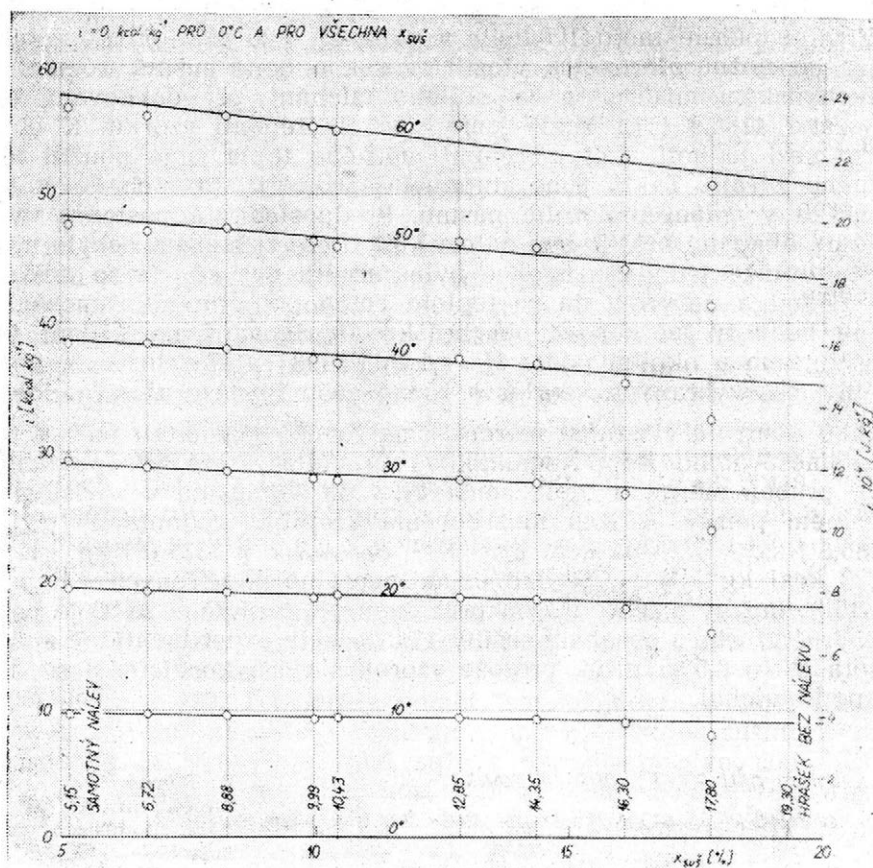
Vlastní měření měrného tepla v rozmezí $+20$ až $+60$ °C probíhalo tak, že jsme do kalorimetru vložili vzorek o dané sušině, rozmělněný na kuchyňském mixéru, a za stálého míchání při dávkování tepla v množství $4186,8$ J [1 kcal] jsme změřili oteplení vzorku. K ohřevu vzorku mezi jednotlivými měřeními měrného tepla jsme použili téhož tepelného zdroje. Takto jsme stupňovitě proměřili prvních devět vzorků hrášku v celém teplotním pásmu. Předposlední a poslední vzorek (samotný okapaný hrášek bez nálevu) již tímto způsobem nebylo možné změřit, protože jeho konzistence byla natolik vysoká, že se dokonale nepromíchal a nevyrovnala se teplota celého obsahu kalorimetru. Naměřené hodnoty měrného tepla hrášku (korigované na sdílení tepla mezi vzorkem a okolím podle Horáka, 1958) v závislosti na teplotě jsou pro pět vybraných vzorků o různé sušině znázorněny na obr. 5.

Jako kontrolu vlastních měření jsme rovněž vypočítali měrné teplo podle směšovacího Kopp-Neumannova pravidla, které předpokládá lineární průběh měrného tepla soustavy voda — sušina v závislosti na vzájemném poměru složek mezi oběma krajními hodnotami ($c_{\text{vody}} = 4186,8$ J kg^{-1} $\text{K}^{-1} = 1$ kcal kg^{-1} K^{-1} , $c_{\text{suš. zelenin}} = 1381,6$ J kg^{-1} $\text{K}^{-1} = 0,33$ kcal kg^{-1} K^{-1}). Soulad experimentálně naměřených dat pro 5, 10 a 15 % sušiny s teoretickým průběhem při teplotě $+20$ °C je patrný z obr. 6. U vzorku s obsahem sušiny 17,8 % byla experimentálně zjištěna hodnota asi o 8,5 % nižší, protože vzorek s vyšší konzistencí se dokonale nepromíchal.



6. Měrné teplo sterilovaného hrášku při různých poměrech voda — sušina — Specific heat of sterilized peas at different proportions of water and dry matter

Pro potřeby tepelně-technických výpočtů je mnohdy výhodné místo měrného tepla počítat přímo se změnou tepelného obsahu daného materiálu vyjádřeného pomocí jeho entalpie. Pro sestrojení entalpického diagramu sterilovaného hrášku (obr. 7) jsme využili naměřených hodnot měrného tepla. Z těchto hodnot jsme vypočítali průměrné měrné teplo pro pásma teplot $+10$ až 20 , 20 až 30 , 30 až 40 , 40 až 50 a 50 až 60 °C. Desetinásobek této průměrné hodnoty potom představuje změnu tepelného obsahu pro zvolený rozdíl teplot o velikosti 10 K. Vypočítané hodnoty jsme vynesli do diagramu na obr. 7, z něhož je patrná závislost entalpie na obsahu sušiny sterilovaného hrášku. Diagram jsme sestrojili v tomto provedení proto, aby bylo možné porovnat entalpii v pásmu teplot 10 až 30 °C mezi našimi hodnotami a hodnotami uváděnými v li-



7. Entalpie sterilovaného hrášku — Enthalpy of sterilized peas

teratury (Riedel, 1949). Průběhy jsou téměř totožné. Pro teploty od 30 do 60 °C jsme v literatuře porovnatelné hodnoty nezjistili.

MĚRNÉ TEPLA GLYPTALOVÝCH PRYSKYŘIC

Na základě požadavku tukového průmyslu jsme našim kalorimetrem změřili také měrné teplo dvou druhů glyptalových pryskyřic, jehož hodnoty jsme v literatuře nezjistili. Jednalo se o pentaerytritol (PE) a ftalanhydrid (FA). Protože vzorky glyptalových pryskyřic byly dodány ve formě drtě o různé zrnitosti, použili jsme jako teplosměrného prostředí metylsilikonový olej LUKOIL MF, výrobek n. p. VCHZ Syntesia, jehož měrné teplo naměřené tímtož kalorimetrem bylo 1470 J kg⁻¹ K⁻¹ (0,350 kcal kg⁻¹ K⁻¹).

Vzorky pro měření jsme připravili smícháním 0,05 kg pryskyřičné drtě s olejem na celkovou hmotnost 0,25 kg. Způsob měření byl stejný jako v případě glycerinu, měrné teplo samotné pryskyřice jsme vypočítali s pomocí aditivního zákona. Jak vzorek PE ($\rho = 12\,250 \text{ kg m}^{-3}$), tak i vzorek FA ($\rho = 13\,230 \text{ kg m}^{-3}$) měly v pásmu teplot +20 až

80 °C stejné měrné teplo $1080 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ($0,260 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$). Tuto hodnotu je možné považovat za správnou s přesností $\pm 5 \%$.

ZÁVĚR

Měření uvedených materiálů prokázala, že navržená konstrukce i zvolený způsob měření měrného tepla dobře vyhovují současným potřebám snadného a rychlého stanovení měrného tepla jako základního parametru pro tepelně-technické výpočty. Při jednoduché konstrukci za použití dostupných materiálů dává přístroj výsledky s přesností do 5 %, což je přesnost pro praktickou potřebu v zemědělství a potravinářském průmyslu vyhovující. Měření přístrojem je jednoduché a v pásmu teplot zhruba od 0 do 90 °C nevyžaduje kromě běžných korekcí naměřených hodnot další zvláštní opatření (přídavné tepelné izolace, umístění kalorimetru do termostatu apod.).

Pro měření teploty jsme užili termočlánek Cu-Ko s termostatem a registračního přístroje. V tomto uspořádání bylo možno zkrátit celkový čas měření na dobu kratší než 5 minut (u málo viskózních kapalin, jako je voda a glycerin, trvalo měření asi 3 minuty). V případě potřeby však plně postačí snímat teplotu rtuťovým (nejlépe desetinným) teploměrem, doba měření se v tomto případě poněkud prodlouží.

Literatura

- ADAM, M. aj.: Experimentální výzkum entalpických obsahů potravin. In: Tepelné charakteristiky potravin živočišného původu — maso a masné výrobky. [Výzkumná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu 1972.
- BLÁHA, O.: Přístroj a metoda absolutního měření specifického tepla kapalin v rozsahu 0 až 250 °C. [Závěrečná zpráva.] Praha, Státní výzkumný ústav tepelné techniky 1958.
- HORÁK, Z.: Praktická fyzika. Praha, Stát. techn. nakl. 1958.
- RIEDEL, L.: Der Kältebedarf beim Gefrieren von Obst und Gemüse. Kältetechnik, 2, 1949, č. 8, s. 195-202.
- VODOGINSKIJ, V. E.: Тёплоёмкость пищевых веществ и пищевых продуктов. Москва 1937.

Došlo dne 23. 1. 1979

КУТЕВ, К. — ЦЕЛБА, Й. (Научно-исследовательский институт пищевой промышленности, Прага): Электрический калориметр для измерения удельной теплоемкости. Земѣд. Techn., 25, 1979 (7) : 439-448.

Opisovává se konstrukce prostého elektrického kalorimetru, u kterého přede všeho předpokládá se prostá realizace. Přístroj řabotaet na principu dozirování točnoho količestva tepla reostatnoy provookoy, pitájoúeoy ot istočnika postojannoho toka s nizkym napřaženiem. Nağevanie obrazca možno izmerjat termoelementom ili točnym rtuťnym termometrom. Přístroj povozljet neposredstvenno izmerjat udelnuyu teploeomkost židkosti, u tverdyh tel neobħodimo vospolʹzovatsja izvestnym pravilom additivnosti. Nami proverjalasʹ funkcia pribora s distillirovannojo vodojo i farmakopejnym glicerinom. Dalee nami izmerjalasʹ udelnaja teploeomkost sterilizirovannogo ġoroška s raznym soďeržaniem suħogo vescuťstva i dvuħ vidov ġliffalevoj smoly. U sterilizirovannogo ġoroška nami takže vyčisljalasʹ entalpia (teplosoděržanie) v diapazone temperatur 0—60 °C i sraivnivalasʹ s dannymi, opublikovannymi v literaturre.

elektrický kalorimetr; udelnaja teploeomkost sterilizirovannogo ġoroška; udelnaja teploeomkost ġliffalevoj smoly; entalpia sterilizirovannogo ġoroška

KUTEV, K. — CELBA, J. (Food Industry Research Institute, Praha): *Electric Calorimeter for Measuring Specific Heat*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 439-448.

A design of a simple electric calorimeter is described which enables easy production of the equipment. The apparatus works on the basis of dosing an accurate quantity of heat by means of a resistance wire fed from a low-voltage d.c. source. Heating of the specimen can be measured by help of a thermocouple or by means of a high-precision mercury thermometer. The equipment enables direct measurement of the specific heat of liquids; in the case of solids, it is necessary to use the known additive rule. The function of the equipment was verified with distilled water and pharmaceutical glycerine. The specific heat of sterilized peas with different contents of dry matter, and of two kinds of glyptal resins was further measured. For the sterilized peas, the enthalpy was calculated for temperatures of 0 to 60 °C and the obtained values were compared with those stated in literature.

electric calorimeter; specific heat of sterilized peas; specific heat of glyptal resins; enthalpy of sterilized peas

KUTEV, K. — CELBA, J. (Forschungsinstitut der Lebensmittelindustrie, Praha): *Elektrisches Kalorimeter für die Messung der spezifischen Wärme*. Zeměd. Techn., 25, 1979 (7) : 439-448.

Es wird die Bauart eines einfachen elektrischen Kalorimeters beschrieben, bei der besonders eine leichte Realisierung vorgesehen wurde. Das Gerät arbeitet auf dem Prinzip der Dosierung einer exakten Wärmemenge mittels des von einer Niederspannung-Gleichstromquelle gespeisten Widerstanddrahtes. Die Erwärmung der Probe kann mit einem Thermoelement oder Präzisions-Quecksilberthermometer gemessen werden. Das Gerät ermöglicht eine direkte Messung der spezifischen Wärme von Flüssigkeiten, bei festen Stoffen muß die bekannte additive Regel ausgenutzt werden. Man hat die Funktion des Gerätes mit dem destillierten Wasser und farmazeutischen Glycerin überprüft. Ferner hat man die spezifische Wärme der sterilisierten Erbse mit verschiedenem Trockensubstanzgehalt und zweier Sorten von Glyptalharzen gemessen. Bei der sterilisierten Erbse hat man ebenfalls die Enthalpie im Temperaturbereich von 0 bis +60 °C berechnet und die Werte mit den Literaturangaben verglichen.

elektrisches Kalorimeter; spezifische Wärme der sterilisierten Erbse; spezifische Wärme der Glyptalharze; Enthalpie der sterilisierten Erbse

Adresa autorů:

Ing. Konstantin Kutev, ing. Jiří Celba, CSc., Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Třebohostická 12, 100 00 Praha 10 — Strašnice

Rukopis odevzdán k tisku 5. 4. 1979 — Podepsáno k tisku 2. 7. 1979

Hrianka D.: Normativní metoda výpočtu potřeby zemědělské strojové techniky	385
Janeček A.: Aspekty optimalizace zemědělských technologických systémů	393
Oubrecht J.: Optimalizace tahového výkonu u traktorů	405
Janáč K.: Posudzovanie tepelných vlastností stavieb pre živočíšnu veľkovýrobu	417
Kutev K., Celba J.: Elektrický kalorimetr pro měření měrného tepla	439

СОДЕРЖАНИЕ

Грианка Д.: Нормативный метод расчета потребности в сельскохозяйственной машинной технике	391
Янечек А.: Аспекты оптимизации сельскохозяйственных технологических систем	404
Оубрехт Й.: Оптимализация тяговой мощности у тракторов	415
Янач К.: Оценка тепловых свойств построек для животноводства	437
Кутев К., Целба Й.: Электрический calorimeter для измерения удельной теплоемкости	447

CONTENTS

Hrianka D.: Standard Method for Calculating the Need of Agricultural Machines	391
Janeček A.: Aspects of Optimal Agricultural Technological Systems	404
Oubrecht J.: Optimal Traction Performance of Tractors	416
Janáč K.: Assessment of the Thermal Properties of Buildings in the Large-scale Animal Production	437
Kutev K., Celba J.: Electric Calorimeter for Measuring Specific Heat	448

INHALT

Hrianka D.: Normatives Berechnungsverfahren für den Bedarf der landwirtschaftlichen Maschinentechnik	392
Janeček A.: Optimierungsaspekte der technologischen Systeme in der Landwirtschaft (Res A)	404
Oubrecht J.: Optimierung der Zugleistung bei den Schleppern	416
Janáč K.: Beurteilung der Wärmeeigenschaften von Bauten für die tierische Großproduktion	437
Kutev K., Celba J.: Elektrisches Kalorimeter für die Messung der spezifischen Wärme	448



ROTAČNÍ PŮDNÍ FRÉZY „BOLGAR“

Půdní frézy „Bolgar“ s pracovním záběrem 0,76 až 2,0 m jsou moderní, velmi efektivní zemědělské stroje, určené ke kypření půdy, k hubení plevelů v porostech vinné révy, ovocných dřevin, citrusů i jiných keřů a k předseťové přípravě půdy.

Rotační fréza FN 0,76 s výsuvnou sekcí se hodí k obdělávání půdy mezi stromy v ovocných sadech.

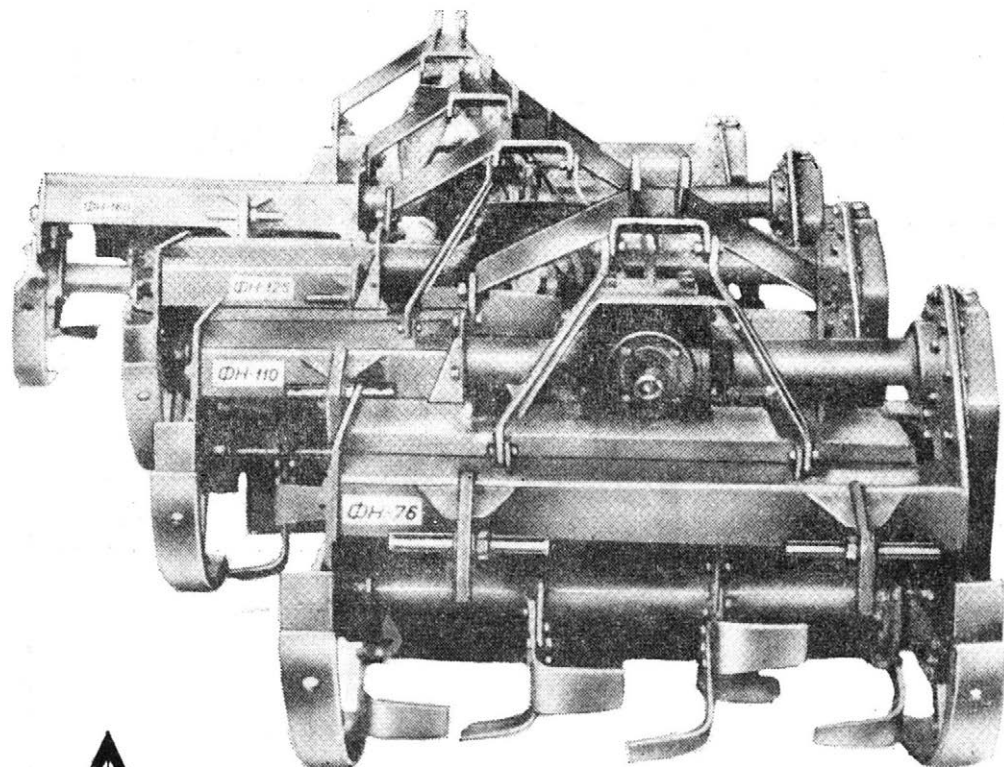
Frézy se zpravidla zavěšují za traktory třídy 1,4 t s tříbodovými závěsnými systémy.

VÝVOZCE:

VTO „AGROMAŠINAIMPEX“ BOLGARIJA, SOFIA

ul. St. Lepoeva 1, tel. 22 30 94 dálnopis 022 563

S žádostí o podrobnější informace se laskavě obraťte na Bulharskou obchodní misi v ČSSR, Praha 1, Krakovská 6, telefon 26 43 06.



Agromachinaimpex

Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky a předplatné přijímá PNS - ústřední expedice tisku, administrace odborného tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Lze též objednat u každé pošty i poštovního doručovatele. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS - ústřední expedice tisku, oddělení vývozu tisku, Jindřišská ulice 14, 110 00 Praha 1. Vytiskl MÍR, novinářské závody, n. p., závod 6, tř. Lidových milicí 22, 120 00 Praha 2.